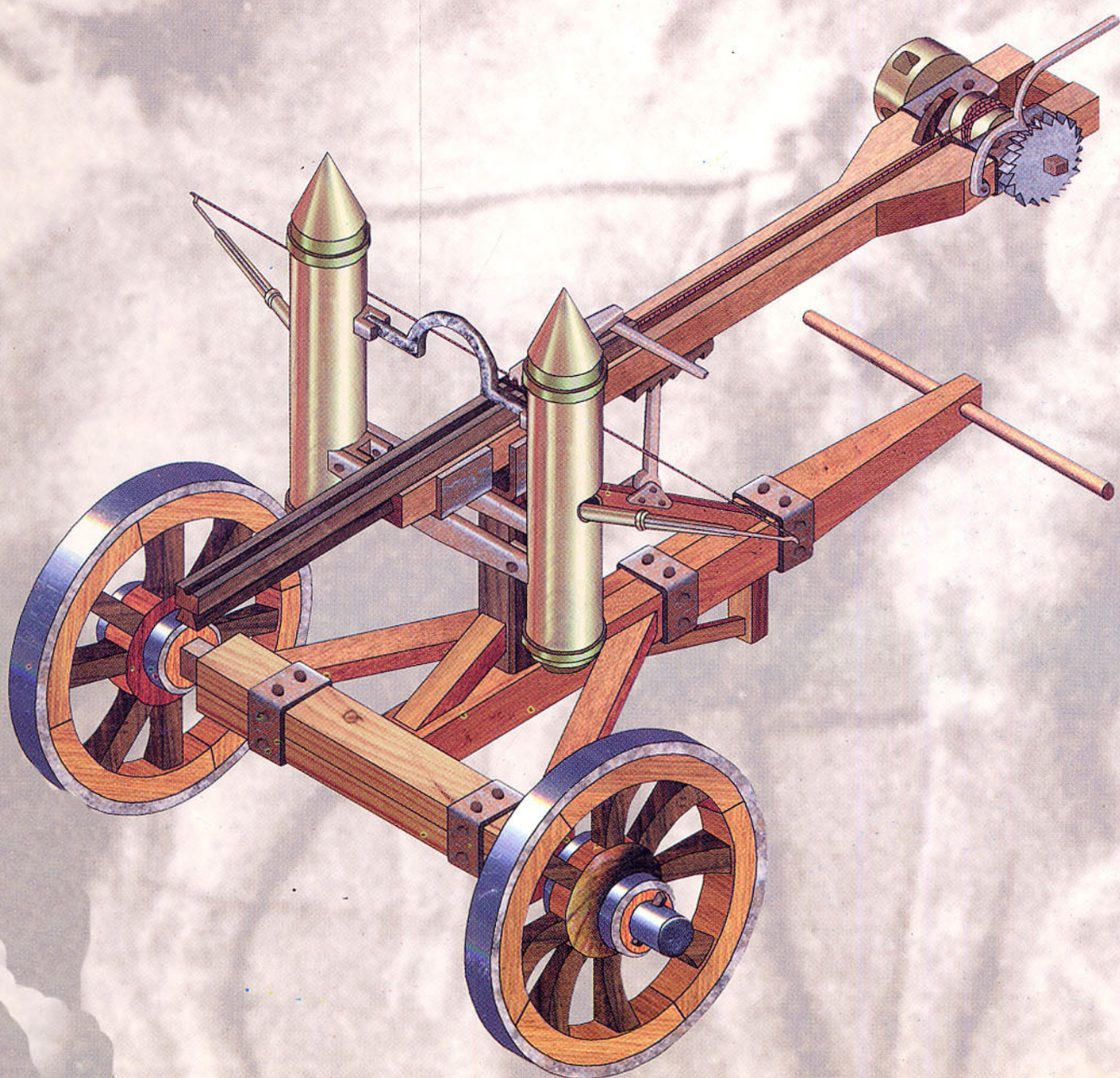
S.M.E.
UFFICIO STORICO

STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO
- UFFICIO STORICO -

FLAVIO RUSSO

TORMENTA
Venti secoli di artiglieria meccanica



TORMENTA - *Venti secoli di artiglieria meccanica*

FLAVIO RUSSO

ROMA 2002

STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO
UFFICIO STORICO

FERRUCCIO RUSSO

TORMENTA

Venti secoli di artiglieria meccanica

TESTO

ROMA 2002

PROPRIETÀ LETTERARIA
tutti i diritti riservati.
Vietata anche la riproduzione parziale
senza autorizzazione
© Ufficio Storico SME - Roma

Presentazione

Con quest'opera l'Ufficio Storico inizia un filone straordinario e innovativo della sua produzione editoriale; infatti, pur rientrando nella collana dedicata alle fortificazioni di varie epoche, quest'opera tratta della «controparte», ossia delle macchine ossidionali ed in particolare di quelle neurobalistiche, dalle loro origini fino all'avvento delle armi da fuoco.

Il lavoro assume consistente "spessore" e qualità per la trattazione ingegneristica, per la ricostruzione grafica, oltrechè per la ricerca storica. Quest'ultima, comunque, di notevole gravosità, in considerazione del fatto che mai nessuna arma del genere è affiorata dal suo remoto contesto esistenziale, sia pure in pessimo stato di conservazione; né, peraltro, si conoscono raffigurazioni accurate delle stesse, o descrizioni puntuali. Gli storici coevi ne hanno senza alcun dubbio tramandato la presenza ma, altrettanto indubbiamente ne hanno impedito ogni effettiva comprensione.

In questo trattato, suddiviso in due volumi (complementari come trattazione ma anche indipendenti per la completezza di sviluppo), di cui il secondo ripropone le principali macchine trattate nel primo con una sofisticata tecnica grafica tridimensionale, contigua alla fotografia, sono racchiusi venti secoli di storia della tecnologia militare. Contenuto, a mio avviso, di importanza colossale se si riconosce che la meccanizzazione attuale ha tratto origine dalla ricerca nel settore militare e da esigenze di carattere bellico e che, in definitiva, noi tutti dobbiamo riconoscere alla storia di queste macchine da guerra una funzione fondamentale: l'impulso dato allo studio della energia accumulata e trasformata in lavoro cinetico e l'utilizzo di tali principi per scopi pacifici.

Peraltro, il libro esce in corrispondenza del successo cinematografico di una recente pellicola ambientata all'epoca di Marco Aurelio, che prende l'avvio dalla ricostruzione di un violento scontro fra legionari romani e guerrieri germani. Nelle brevi inquadrature iniziali compaiono delle macchine da lancio, la prima delle quali è in fase di caricamento mentre le successive, schierate in batteria, in fase di tiro. Tutto ciò a dimostrazione come la invincibilità dei legionari romani non fosse dovuta a particolari doti guerriere, bensì ad una superiore capacità organizzativa e ad una esorbitante differenza tecnologica con i popoli cosiddetti "barbari".

Concludo con un ringraziamento particolare tributato all'autore, l'Ing. Flavio Russo, collaboratore ormai assiduo, che conferisce sempre maggiore lustro alla produzione editoriale d'Ufficio con questo suo lavoro, il quale potrebbe addirittura costituire testo di studio per istituti tecnici e/o universitari che volessero introdurre nelle loro discipline anche una disamina della meccanica applicata alle macchine in argomento e dei principi fondamentali che la regolano.

Il Capo Ufficio Storico
Col. Enrico PINO

Premessa

Gli antefatti

Osservazioni analogiche

Il saggio che segue fornisce alcuni ragguagli sulla concezione, sulla genesi, sull'evoluzione e sulla dismissione delle artiglierie meccaniche impiegate nel corso degli assedi dai Greci prima e dai Romani poi. Scomparse sotto l'impatto dei barbari, riemersero lentamente nei secoli successivi vivendo una nuova diffusione nel Medioevo, per svanire irreversibilmente con l'età moderna. Una storia quindi protrattasi per quasi venti secoli, costantemente caratterizzata da una stringente razionalità matematica. Nonostante ciò, o forse proprio per ciò, quelle che genericamente si definirono macchine da getto non hanno ricevuto, soprattutto nella pubblicistica italiana, alcuna attenzione, quasi fossero un mero parto della fantasia degli storici: infantili curiosità prive di qualsiasi consequenzialità! Eppure, come esamineremo, proprio nella Penisola ebbero la loro culla e, a differenza dei reperti ritrovati ai quattro angoli dell'antico Impero, solo in essa lasciarono le loro impressionanti tracce.

Per favorire la comprensibilità delle macchine di volta in volta trattate, il testo si avvale di un dettagliato apparato iconografico. In particolare di ogni archetipo, e delle sue componenti più complesse e delicate, vengono fornite delle ricostruzioni tridimensionali eseguite con una tecnica assonometrica ad effetti figurativi. Quanto ai precipui dati di base vanno in buona parte ascritti alla fondamentale opera del prof E. W. Marsden (**1**).

Parlare di artiglierie molti secoli prima dell'invenzione della polvere pirica sembrerebbe se non anacronistico alquanto forzato. Sotto il profilo etimologico il termine artiglieria (**2**), come del resto anche artiglio, va ricondotto ad una radice *ar* 'congiungere', 'adattare', e al fonema francese *artilier*, 'mettere insieme'. Il concetto che emerge in entrambi i casi si attaglia perfettamente alle suddette macchine, composte assemblando numerosi elementi prima ancora dei cannoni. Del resto va considerato che le artiglierie a polvere per i primi due secoli almeno, condivisero con le antenate meccaniche non solo le finalità d'impiego ma persino le munizioni, palle di pietra, e le modalità operative, risalenti ad oltre 17 secoli prima, epoca in cui vennero coniati vocaboli e modi di dire che letteralmente tradotti equivalgono, tanto per esemplificare, a brandeggio, punteria, cadenza

---

1 - E.W.MARSDEN, *Greek and roman artillery, historical devolopment*, Oxford 1969. Dello stesso autore anche, *Greek and roman artillery, technical treatises*, Oxoford 1971.

2 - Al riguardo consulta O. PIANIGIANI, *Vocabolario etimologico della lingua italiana*, Varese 1993, alla voce. Ed anche G. CERBO, F. RUSSO, *Parole e pensieri, raccolta di curiosità linguistico militari*, Roma 2000, sempre alla voce.

di tiro, gittata, correzione, ecc. E sempre in quel medesimo scorcio storico comparvero elementi strutturali per siffatte armi destinati a sopravvivere fino ad oggi quali, per tornare agli esempi, il caricatore, l'affusto a tripode, il mirino, la sospensione cardanica, ecc.

L'invarianza di tante connotazioni ribadisce la correttezza etimologica circa la definizione di artiglieria per quella macchine e ne giustifica pienamente l'adozione nella presente ricerca. Come se non bastasse, la peculiarità che per antonomasia obbliga a considerarle delle antesignane bocche da fuoco si coglie nel loro integrare le opere fortificate interdicendo l'accostamento nemico, procedura tattica che risulta attuata sin dal IV secolo a.C. a Siracusa nel cosiddetto castello Eurialo (**3**). Così ne vengono precisati i criteri in una delle migliori sintesi di architettura militare:"...dei tre fossati, il primo... doveva servire ad arrestare il primo slancio del nemico. La marcia del quale, a 86 metri dal primo fossato, ne trovava un secondo, tagliato a dente con saliente ottuso verso l'attacco... Il terzo fossato, arretrato da 20 a 30 metri rispetto al precedente, offriva un andamento a tenaglia, cioè con l'angolo ottuso aperto verso il castello. Tra il 3° e il 2° fossato, le testate laterali risultavano coperte dai tiri di infilata o dal pericolo di infiltrazione di fianco non soltanto dalla difficile praticabilità del terreno di accesso, ma anche da opportuni rilievi e rinterri... [da cui] si poteva battere il fondo del fossato..."(**4**).

In altri termini a partire da quel momento e da quel caposaldo si registra il superamento della concezione eminentemente passiva delle fortificazioni, proprio per l'intima interrelazione tra l'armamento balistico e le masse murarie. Il progressivo consolidarsi della rivoluzionaria intuizione vedrà l'irreversibile affermarsi della subordinazione dell'impianto architettonico alle prestazioni delle armi, tanto da rendere incomprensibile il primo non disponendo di un'accurata conoscenza delle seconde. Pertanto questa ricerca diviene l'indispensabile corollario di ogni storia della fortificazione, non potendosene altrimenti vagliare la dinamica evolutiva.Senza contare che dal punto di vista meramente polemologico rappresenta un ulteriore apporto per una più puntuale interpretazione della realtà conflittuale. E forse non solo di quella.

Infatti, a voler ampliare lo spettro d'indagine appare indubbio che quelle antiche armi debbano piuttosto ricondursi all'evoluzione tecnologica in generale, di cui l'architettura militare fu una semplice branca, ed in particolare della fisica e della meccanica applicata. In realtà la loro ideazione e sviluppo fu la conseguenza più vistosa di un contesto ricordato come: "...'miracolo greco' che si verifica tra il VI secolo e la fine del IV... [che] doveva avere un riscontro nelle tecniche. I testi, per quanto rari, ci permettono di farcene un'idea; è verosimilmente a quest'epoca che si costituisce il sistema tecnico dei greci e, quindi, dell'antichità... Il progresso tecnico di quest'epoca, che tutti gli autori contemporanei si sono compiaciuti di segnalare... [non fu] un progresso globale. Osserviamo invece ciò che chiameremmo oggi il fenomeno dei settori tecnici 'di punta', accanto a settori artigianali tradizionali, la cui evoluzione è quasi insensibile... Le tecni-

---

3 - Sul mitico 'castello' cfr. L. MAUCERI, *Il castello Eurialo nella storia e nell'arte*, rist. Catania 1981, in particolare pp. 53-61.

4 - Da A. CASSI RAMELLI, *Dalle caverne ai rifugi blindati*, Milano 1964, pp. 44-46.

che militari non sono forse le più spettacolari, ma sono in tutti i casi le meglio conosciute..."(**5**).

Significativamente, infatti, pochi decenni dopo l'avvento delle artiglierie elastiche, si generalizzò anche il concetto di macchina, quale aggregato capace di compiere ripetitivamente una sequenza lavorativa. In verità per i Greci la *mèchanè* era uno *strumento per fare qualcosa, per accrescere, per aumentare*, valenza ereditata dal sanscrito: implicito il riferimento alla forza. In breve però la macchina divenne uno strumento destinato ad un preciso compito, un congegno capace di accrescere, di aumentare la modesta forza dell'uomo e magari di conservarla in qualche maniera. Un sistema cioè in grado di accumulare energia per far funzionare al momento opportuno un potente motore. Connotazioni che ancora una volta si attagliano alla perfezione soltanto a quelle remote artiglierie, che possono pertanto motivatamente reputarsi le antenate di tutte le macchine future, fino all'odierna per antonomasia, la domestica, onnipresente e sanguinaria automobile.

Disgraziatamente l'insieme di tante nozioni avanzate così acquisite nel corso di alcuni secoli finì dapprima deriso, al pari dei rispettivi fautori, dai dotti ufficiali e quindi spregiato quale rozza contaminazione della sapienza operata da *vil meccanici.* I primi sintomi sono quasi contemporanei alla comparsa delle macchine stesse, forse come reazione ai rapidi arricchimenti che consentivano. Per cui: "...non ci sarebbe stato allora l'atteggiamento di intellettuali contrapposto ad un mondo che prestava precisamente attenzione alle tecniche materiali, ma si tratterebbe, in qualche modo, di una reazione contro tendenze che cominciavano ad affermarsi... E se Platone rifiuta sua figlia al figlio dell'ingegnere, non è forse perché matrimoni di tal genere erano, nella pratica, già stati contratti?..."(**6**). Ad ogni buon conto quell'atteggiamento presuntuoso comportò un tragico arresto della tecnologia protrattosi per oltre un millennio, nel corso del quale si estinse oltre alla capacità di costruire un qualsiasi congegno persino la semplice mentalità speculativa. Per la scienza fu il trionfo dell'ignoranza, per l'umanità il perdurare della schiavitù. Per molti studiosi, tuttavia, il fenomeno fu esattamente il contrario, ovvero fu la schiavitù a rendere superflue le macchine, fornendo una mano d'opera a bassissimo costo. A smentire quest'ultima tesi, oltre al parere di Aristotele che individuava nell'insufficienza della tecnica lo sfruttamento dell'uomo come semplice forza lavoro, vi è un semplice constatazione (**7**). Emblematicamente nel mondo romano si registrarono progressi tecnici maggiori durante il periodo di intenso sfruttamento della schiavitù che non nel corso delle grandi emancipazioni. Se mai occorresse una ulteriore riconferma è facile osservare che l'America, ultimo stato in cui si impiegò su larga scala l'economia servile, vide il trionfo della tecnica ancor prima della sua abolizione.

Col dissolversi della civiltà romana scomparvero pure le artiglierie, senza però che il loro ricordo si cancellasse del tutto. Anzi col trascorrere del tempo le reminescenze dive-

---

5 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, pp. 169-171.

6 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 198.

7 - Sull'argomento cfr. G.CAMBIANO, *Aristotele e gli oppositori della schiavitù*, in *La schiavitù nel mondo antico*, Bari 1990, pp. 27-57. Ed anche V. GOLDESCHIMIDT, *La teoria aristotelica della schiavitù e il suo metodo*, in *Schiavitù antica e moderna*, Napoli 1979, pp. 183-204.

nivano sempre più fantastiche e strabilianti, riaffiorando goffamente ed enigmaticamente in curiose rielaborazioni medievali. Alcune di quelle ingenue riesumazioni, sebbene in sembianze radicalmente mutate, riuscirono persino a sopravvivere fino ai nostri giorni. Al riguardo molti di noi ricorderanno i delicati aeromodelli fatti volare da un'elica, posta in vorticosa rotazione dallo srotolarsi di una matassa elastica in precedenza attorcigliata. Come pure le piccole imbarcazioni propulse da un identico apparato motore a molla. Ebbene proprio siffatti ingegnosi giocattoli si avvalevano ancora di un accumulatore energetico elastico a torsione, dello stesso tipo di quello impiegato dalle più micidiali armi dell'antichità! E vedendo la leggerissima colomba di plastica allontanarsi dalle mani di un bambino battendo le sue ali nell'aria, come non ricordare la misteriosa colomba volante attribuita ad Archita, uno tra i massimi progettisti delle antiche artiglierie meccaniche, capace di una identica prodezza ed altrettanto inerte una volta caduta a terra?

Le artiglierie meccaniche, quindi, si sarebbero evolute per un certo periodo pervenendo, superata la massima diffusione alle soglie dell'estinzione. Dopo una lunga quiescenza sarebbero ricomparse sotto forme più avanzate ancora per un breve periodo, per tramontare irreversibilmente. Una sintesi del genere, squisitamente biologica, applicata ad un processo tecnologico potrebbe apparire arbitraria, se non trovasse una sua giustificazione nella constatazione che l'evoluzione, come sistema selettivo e migliorativo, non è affatto una peculiarità della natura. La si rintraccia in una qualsiasi istituzione protrattasi a lungo nel tempo e connessa con le funzioni esistenziali fondamentali dalle quali dipende, in ultima analisi, la stessa sopravvivenza. Lecito pertanto ritenere di imbattersi nei suoi effetti ogni qual volta si esaminano realizzazioni destinate a garantire la salvaguardia di una intera società. Tipico il caso dello strumento militare nelle sue antitetiche estrinsecazioni difensiva ed offensiva: delle fortificazioni e delle artiglierie. Proprio in entrambe, esattamente come nell'evoluzione biologica, riesce agevole ravvisare un avanzamento discontinuo, per improvvise mutazioni. Queste, che a loro volta possono ascriversi in alcuni casi ad osservazioni accidentali in altri ad acute intuizioni, sono lo stimolo delle trasformazioni reciproche, sulle quali interviene poi la selezione, ovvero la sperimentazione bellica che ne sancisce l'adozione o l'abbandono. Il fenomeno evolutivo, a questo punto, potrebbe ritenersi concluso, ed in tal caso sarebbe da considerarsi un semplice adeguamento ottimale alle mutate condizioni ambientali o, nella fattispecie, alle progredite nozioni tecniche, se nuove mutazioni non continuassero a manifestarsi, determinando l'inarrestabile potenziamento alternativo ora dell'una ora dell'altra.

Le innumerevoli fortificazioni pervenuteci, a partire dalla più remota antichità, quand'anche allo stato di incerto rudere, lasciano infatti trasparire una diversificazione cronologica (**8**). Ed è proprio quella la principale traccia residua della loro lenta e discontinua evoluzione strutturale e concettuale. Esattamente come ogni organismo vivente che per la spietata dinamica della selezione naturale ha dovuto cimentarsi con altre specie affi-

---

8 - In merito cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura, trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Tomo I e II, in corso di stampa.

ni per assicurarsi il monopolio di una determinata nicchia ecologica, acquisendo connotazioni fisiologiche aggressive e difensive progressivamente più sofisticate, anche alle spalle della fortificazione deve supporsi un medesimo processo definitivo. Ma esattamente come la fossilizzazione, in ambito biologico, ci ha tramandato solo le parti dure dei molluschi, le classiche conchiglie, così la permanenza dei ruderi ci ha consegnato soltanto mura e fossati, equivalente architettonico di quei gusci calcarei. Nulla, invece, in entrambi i casi degli organi interni, o delle armi, che dovevano necessariamente esistere. Il che da origine ad una interpretazione deficitaria e semplicistica: da una parte animali apparentemente invulnerabili quanto inermi, dall'altra mura impenetrabili quanto inerti.

Supponendo sensato il parallelismo una ovvia conseguenza sarebbe l'immutabilità dei canoni dell'architettura militare: le mura come le valve delle cozze dovrebbero continuare a fornire anche oggi il loro apporto difensivo senza alcuna alterazione strutturale o formale. L'assurdità della conclusione è palese. E' il ricchissimo repertorio delle fortificazioni avvicendatesi nel corso degli ultimi tre millenni a dimostrare il loro incessante evolversi ed, indirettamente, la compresenza di uno stimolo violentissimo. Che fu appunto il contestuale evolversi delle macchine d'assedio la cui esistenza non ha lasciato una identica massa di resti, per la deperibilità dei materiali con cui vennero realizzate.

Assodata la natura dello stimolo che ha determinato nelle fortificazioni l'esigenza di evolversi, sin da quando l'uomo ha iniziato a non essere più scimmia, senza per questo non essere più belva, ne consegue per lo stesso un ruolo di variabile indipendente nella stretta correlazione. In altri termini, senza cadere nel banale discorso di chi è nato prima se l'uovo o la gallina, essendo la difesa la risposta all'aggressione, e giammai il contrario, fu senza dubbio il perfezionarsi delle procedure d'assedio prima e delle macchine poi a far evolvere le strutture difensive e non certo il contrario.

Metodo d'indagine

Quanto detto spiega il perché la presente ricerca si collochi come corollario della storia della fortificazione, ed in particolare nel suo snodo basilare fra la conclusione del medioevo e l'avvento dell'età moderna. Quel preciso momento coincise con una radicale rottura di equilibrio culturale. Non stupisce che proprio allora le artiglierie a polvere, convissute pressocchè indistinte negli assedi dei precedenti due secoli con quelle meccaniche, tanto da essere definite nelle cronache con l'unico nome di **tormenta**, le avvicendino. Il ruolo bimillenario di pungolo evolutivo della fortificazione passò perciò ai cannoni, per esaurirsi pochi decenni or sono a favore dei missili. Disgraziatamente la menzionata confusione ha contribuito a rendere ancora più enigmatici i riferimenti alle artiglierie meccaniche, incrementando l'ignoranza circa le loro concrete caratteristiche. Per fornire un minimo di certezza storica la ricerca che segue si è avvalsa di qualsiasi apporto anche se scaturente da fonti insolite nella pubblicistica scientifica. Più in dettaglio, per restare al parallelo con la paleontologia, si sono impiegati gli stessi criteri di indagine adottati per ricostruire le caratteristiche somatiche dei dinosauri in base ai ritrovamenti fossili.

Circa questi ultimi occorre evidenziare che, per grande approssimazione, possono suddividersi in due ampie categorie fra loro complementari. La prima racchiude qualsiasi resto facente parte del corpo dell'animale, più o meno alterato e trasformato dal tempo intercorso. In essa, infatti, si distinguono vari stati di conservazione oscillanti tra la completa pietrificazione delle parti dure o di loro frammenti, e la perfetta, integra ed intatta preservazione dell'intero organismo inglobato nell'ambra, nei casi minori, o nel ghiaccio nei maggiori. La seconda a sua volta comprende ogni impronta o traccia direttamente impressa dall'animale vivente, quale quella di una zampa, di un artiglio, di una dentatura, o lasciata dallo stesso quali le uova, i nidi e persino le deiezioni. Ognuno di quest'ultimi reperti costituisce una straordinaria fonte documentaria per nulla inferiore alle precedenti e, sotto molti aspetti, anche più significativa. Tanto per esemplificare, una sequela di orme consente di stabilire la mole dell'animale, la velocità di spostamento, l'indole, le abitudini, l'habitat esistenziale e, nei casi più fortunati, persino le modalità di caccia e di nutrizione: informazioni tutte che migliaia di scheletri interi mai avrebbero fornito. E' ovvio che per conseguire simili risultati siffatti fossili vengano confrontati e correlati con altri, più o meno antichi, e soprattutto con organismi ancora esistenti, quindi perfettamente conosciuti e vagliati, fungenti perciò da pietra di paragone.

Trasferendo il metodo alle artiglierie meccaniche, possiamo considerare i reperti archeologici relativi alla componentistica in bronzo, flangie ed arpionismi d'arresto, nonchè alle munizioni in ferro o pietra, cuspidi di dardi e palle, come fossili del primo tipo. Alla seconda categoria, invece, ci sembra logico includere le tracce lasciate dagli impatti dei loro proietti sugli estradossi delle fortificazioni, a patto di avere la certezza della loro datazione, o le ferite traumatiche presenti su alcuni resti ossei umani, fatto salvo il medesimo vincolo valutativo. Come pure i ruderi delle strutture d'impiego accessorie quali rampe d'assalto o piattaforme e piazzole di tiro, miracolosamente sopravvissute.

Possiamo considerare, invece, le fonti scritte, dirette ed indirette, e le mutazioni strutturali delle fortificazioni in correlazione alle artiglierie, vuoi per frustrarne le offese vuoi per utilizzarne le prestazioni, un semplice riscontro delle deduzioni ricavate dai suddetti fossili. Alla stessa stregua, cioè, delle raffigurazioni artistiche di qualsiasi genere da quelle celebrative in bassorilievo(9) a quelle decorative parietali, a quelle musive, a quelle numismatiche, ecc. Ogni indicazione pertanto subirà un duplice vaglio ed un attento riscontro, confluendo alla fine in alcuni grafici restituivi tridimensionali. Questi pur non ostentando alcuna pretesa di incontrovertibilità, e meno che mai di assoluta certezza, costituiscono tuttavia un'attendibile conclusione non in contrasto con i testi classici, con i livelli tecnologici accertati per l'epoca e soprattutto con le leggi della fisica e della meccanica.

---

9 - Senza dubbio tra le principali fonti del genere spiccano la colonna Traiana e quella di Marco Aurelio o Antonina. Per un interessante approfondimento sulle loro caratteristiche e concezioni raffigurative adottate cfr. L. ROSSI, *Rotocalchi di pietra. Segni e disegni dei tempi sui monumenti trionfali dell'Impero Romano*, Milano 1981, pp. 85-200, 220-251.

Osservazioni cronologiche

Poche invenzioni hanno accompagnato l'uomo negli ultimi trenta secoli, senza mutare gran che forma e destinazione d'uso. Significativamente tutte appartengono all'ambito della difesa come, ad esempio, l'elmetto, il coltello o la corazza, unici oggetti che un guerriero preistorico saprebbe con facilità riconoscere ed utilizzare appropriatamente, persino raccattandoli in un odierno campo di battaglia. Il fenomeno non deve stupire eccessivamente considerando che proprio la difesa per antonomasia, cioè la fortificazione permanente, i cui incerti archetipi(**10**) si dissolvono nelle tenebre dell'VIII millennio a.C. si conferma ben lontana dall'irreversibile dismissione. Il ciclicamente strombazzato scudo stellare, infatti, altro non è se non l'avveniristica muratura finalizzata a frustrare, come quella intorno alla Gerico preceramica, eventuali paventate aggressioni nemiche.

Come in precedenza evidenziato nel corso di un arco fruitivo così esteso i perfezionamenti funzionali e gli adeguamenti strutturali applicati alle fortificazioni risultano innumerevoli, finanche superiori a quelli subiti dalle armi, con tempi di validità progressivamente decrescenti. E, fenomeno di improba interpretazione, il processo di obsolescenza di tali ottimizzazioni non appare affatto lineare, reiterandosi nel corso della storia delle fortificazioni brevi periodi caratterizzati da un rincorrersi di straordinarie innovazioni ed altri interminabili di stasi assoluta. Tanto per esemplificare la merlatura, simbolo per antonomasia dell'architettura militare, edificata a partire dal XIII secolo a.C. a filo con le cortine conserva inalterata la sua configurazione e validità fino al XIII secolo dell'era volgare. Quella succedutale, sporgente su archetti e beccatelli, senza dubbio più evoluta, non sopravvive, invece, più di 150 anni!

Le accennate mutazioni, pertanto, proprio perché risultanti di numerose concause consentono di considerare le fortificazioni una sorta di specie animale comparsa oltre dieci millenni or sono e non ancora estinta, con frequenti mutazioni somatiche, attestate dagli innumerevoli resti fossili. Ed appunto quelle variazioni permettono di applicare l'enunciato metodo d'indagine, le cui deduzioni non di rado appaiono in netta antitesi con le precedenti ipotesi. Sempre per esemplificare, una proliferazione di strutture fortificate poste a protezione di ogni ganglio della trama socio-territoriale, dal pozzo dell'acqua al granaio, dalla masseria allo stabilimento industriale, dalla guarnigione militare alla città, dalla residenza gentilizia al castello feudale, testimonia l'instaurarsi di un contesto esistenziale, equivalente storico dell'ecosistema in natura, assolutamente asfittico, statico ma non stabile. Ora tale aberrazione iperdifensiva, nella interpretazione corrente, in perfetto accordo con quanto in precedenza precisato, viene letta come reazione alla dilagante aggressività, alla indiscriminata violenza, alla generalizzata insicurezza pubblica. Ma quando il fenomeno attinge livelli tanto esasperati la sua logica s'inverte, per cui nel caso in questione non vi è come sarebbe ovvio una assoluta tranquillità ma la massima anarchia.

---

10 - Circa le fortificazioni più remote cfr. J. HARMAND, *L'arte della guerra nel mondo antico*, Roma 1975, pp. 143-153.

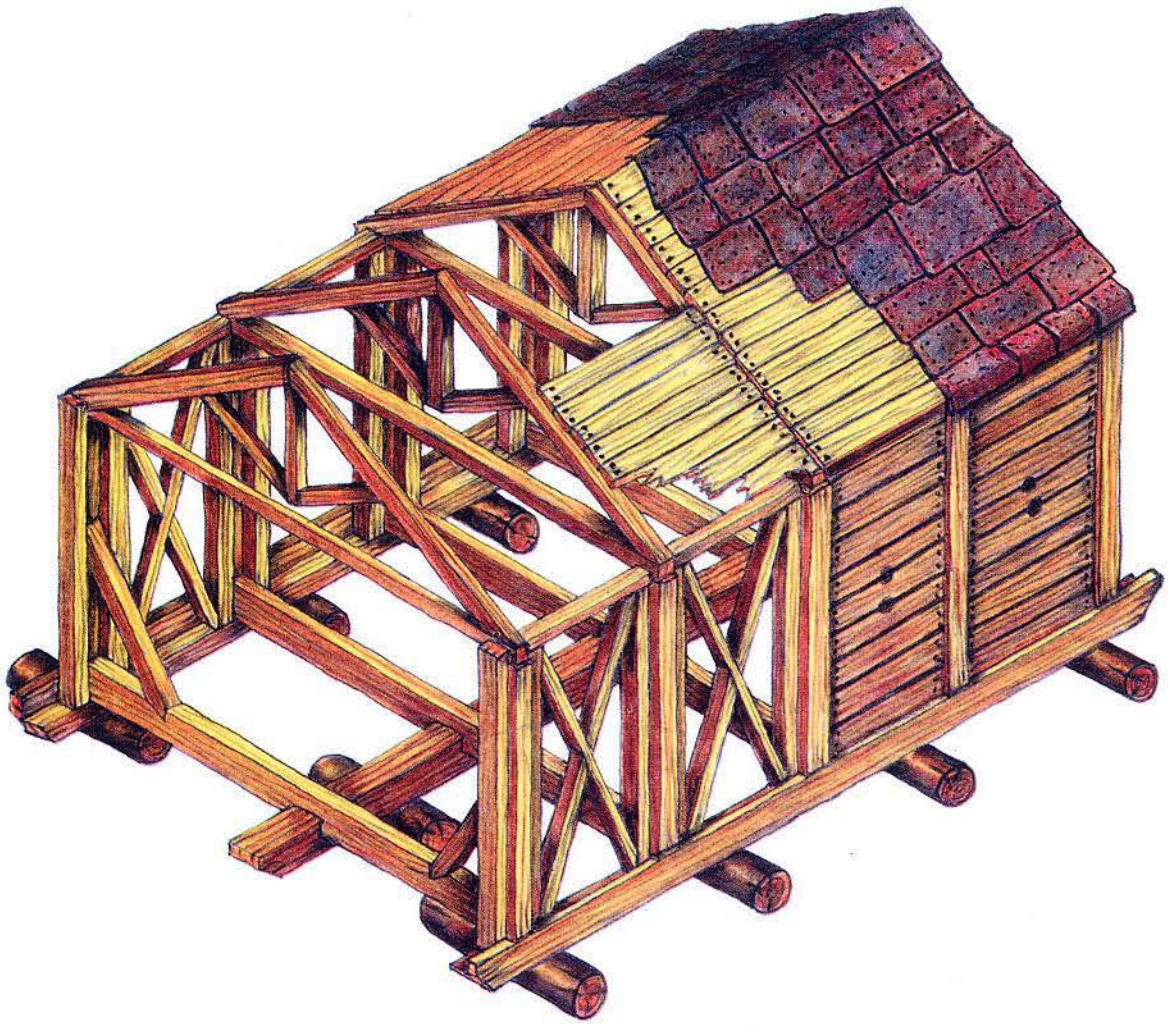
Il più noto di simili ambiti fu quello medievale, non a caso popolato nell'immaginario collettivo di spietati feudatari chiusi nei tetri castelli, di sanguinari guerrieri chiusi nelle armature di ferro, di rapaci mercanti chiusi nelle case torri, ed infine di atterriti ed inermi contadini chiusi a loro volta nei miserabili borghi murati. Ma questa fin troppo tradizionale visione contrasta, a ben riflettere proprio con la fitta compresenza della pletora di castelli, sostanzialmente omogenei dal punto di vista tecnologico sebbene cronologicamente alquanto divaricati. Tutti, infatti, vennero eretti, anno dopo anno, perfezionati e potenziati secolo dopo secolo non perché il contesto circostante fosse improvvisamente peggiorato o le capacità di espugnarli fossero inspiegabilmente maturate, ma esattamente per il contrario!

In altre parole la più tipica architettura militare del Medioevo, il castello, riemerse da un remoto passato, essendo noto nelle sue caratteristiche di dettaglio sin dal IV millennio a.C., e si moltiplicò semplicemente perché ormai non si disponeva più di una efficace procedura d'investimento ossidionale. La difesa prevale perché si è dissolta la capacità offensiva. Senza conoscerne i rudimenti e senza disporre delle opportune armi le possibilità di soffocare la resistenza anche della più scalcinata bicocca svaniva. Unica soluzione attenderne la resa per fame, a condizione che il sopraggiungere dell'inverno non avesse costretto, sempre per fame, lo stesso assediante a desistere dall'esasperante blocco. La fortificazione divenne, pertanto, pagante e quindi universalmente adottata e costantemente potenziata in base alle esperienze che nel frattempo si andavano maturando. In pratica si verificò quello che agli inizi del secolo scorso capitò con le automobili: visto che le loro prestazioni riuscivano convenienti se ne incrementò la produzione e se ne migliorò la resistenza alle sollecitazioni, e non certo perché nel frattempo le strade fossero improvvisamente peggiorate! Per contro se quegli approssimati archetipi si fossero dimostrati completamente inaffidabili o troppo fragili l'invenzione sarebbe risultata inutile e quindi irrimediabilmente abbandonata.

A questo punto, assodato che nell'antichità classica in nessun momento si verificò un incastellamento neppure lontanamente paragonabile a quello medievale, la vera curiosità si concentra sui mezzi che vennero impiegati per espugnare le fortificazioni sia presso i Greci che i Romani. Di certo, sotto il profilo cronologico, le macchine più antiche furono semplicemente d'approccio, ovvero destinate ad operare a diretto contatto con le difese.

L'investimento ossidionale, infatti, si riduceva ad una serie di tentativi miranti esclusivamente a scavalcare le mura, unica maniera di penetrare al loro interno procedura che ne rese l'altezza la peculiarità interdittiva per antonomasia. Quanto alla possibilità di praticare brecce restò sempre una prassi occasionale, suggerita esclusivamente dalla palese debolezza delle fortificazioni. Ad ogni buon conto per tale procedura vennero costruite, ovviamente oltre alle scale, gli **arieti,** le **testuggini,** e i **tollenoni,** congegni che si ritroveranno ancora, con modesti perfezionamenti, nel repertorio medievale.

Sebbene anche questi vengano inclusi nelle macchine ossidionali, ed almeno dal punto di vista etimologico è indubbio che lo furono meritatamente, sotto il profilo puramente operativo non andrebbero in alcun modo confusi con le artiglierie meccaniche, dette pure macchine da lancio. Mancava loro infatti la capacità di compiere una qualsiasi sequenza autonomamente od automaticamente, attingendo dalla propria riserva energeti-



I - TESTUGGINE:si tratta di una macchina destinata a proteggere gli zappatori intenti a scavare trincee di avvicinamento, a colmare i fossati, o a praticare brecce nelle cortine, dai tiri piombanti.La struttura consisteva in robusti montanti di legno su telaio rigido e continuo, coperti da massicce capriate sorreggenti tavoloni rivestiti esternamente, nei casi migliori, di piastre metalliche.

ca, caratteristica invece peculiare delle seconde. Del resto a differenza di quest'ultime quei rozzi aggregati di travi e tavoloni non trovavano alcun impiego nella difesa, confermandosi perciò degli elementari supporti d'assedio, un sorta di ibrido gigante tra la scala, lo scudo e la mazza. In altre parole fra le macchine da urto e da scavalco e quelle da lancio, si manifesta la stessa diversità che può cogliersi fra un carretto trainato da un somaro ed un autocarro: pur definendosi entrambi veicoli appartengono a due stadi tecnologici talmente divaricati da riuscire inconfrontabili. E da trattare separatamente.

Per questa semplice ragione una ricerca sulle artiglierie meccaniche deve preliminarmente estrapolarle dalla suddetta confusione evidenziandone l'autonoma genesi ed evoluzione. Il che ne colloca l'estremo cronologico inferiore, per quanto è possibile accer-

tare, agli albori del IV secolo a.C. ed il superiore allo spirare del Medioevo. L'acme del loro impiego fu attinto al profilarsi della dissoluzione dell'Impero romano d'occidente, nel disperato, ed in sostanza riuscito, immane compito di arginare ad oltranza la marea barbara. Alla fine però la ragione della forza annientò la forza della ragione ed i *limes* vennero dovunque scavalcati da ondate umane inarrestabili, nei cui vortici dileguarono anche le ormai inutili artiglierie meccaniche. Non è un caso che i maggiori storici concordino nell'includere tra le principali vittime delle invasioni la cultura scientifica e la relativa tecnologia. Quelle macchine, già definite dai legionari significativamente *ingegna,* ed i loro ideatori, costruttori e direttori *ingegneri,* furono pertanto le prime a scomparire mentre le fortificazioni, invece, sebbene raffazzonate presero a moltiplicarsi in virtù della recuperata inviolabilità.

E' però emblematico che con il ristabilirsi di un minimo di legalità e di ordine lo scenario mutò profondamente, dapprima consentendo una vistosa ripresa della produzione agricola, cioè del benessere, e quindi un'altrettanto sensibile riscoperta culturale e scientifica. E: "... gran parte della straordinaria rivoluzione tecnologica del Medioevo, quando gli arabi trasmisero le invenzioni orientali, cinesi e indiane all'Europa, e cioè su un terreno fertile come quello della penisola italiana e spagnola, si deve alla facilità di trapasso delle tecnologie militari al campo dell'agricoltura, e in generale delle attività produttive... Da un punto di vista ancora più strettamente tecnologico si deve considerare che la rinascita dell'ingegneria militare medievale, a partire dal XII secolo, vide contemporaneamente svilupparsi una grande quantità di macchine belliche e una vera e propria cultura della macchina, dopo il macchinismo ludico alessandrino... In buona sostanza, per lungo tratto la storia della civiltà è in larga parte coincisa con la storia della guerra e degli eserciti..."(**11**). Senza dubbio la rivoluzione tecnologica medievale può considerarsi una riscoperta dell'ingegneria militare greco-romana, secondo quanto in precedenza delineato: quanto poco ludico, però, fosse stato il periodo alessandrino, e non solo quello, nell'ambito della meccanica applicata, rappresenta uno dei luoghi comuni che la presente ricerca intende superare.

Osservazioni polemologiche

Come più volte accennato il contesto in cui si originarono ed evolsero le macchine ossidionali in generale e le artiglierie meccaniche in particolare, fu quello degli assedi. In pratica si trattò dell'insieme delle procedure belliche volte ad espugnare una città racchiusa da una fortificazione perimetrale, mentre i suoi abitanti tentavano disperatamente di evitarlo respingendo gli attaccanti con qualsiasi mezzo.

I Greci dettero a tale branca dell'arte militare il nome di ***poliorcetica***, non appena venne superata la fase operativa di semplice blocco mirante alla conquista per fame di un centro abitato stretto d'assedio. Questa apparentemente insignificante trasformazione

---

11 - Da Z.CIUFFOLETTI, *Esercito, scienza e società*, in *Esercito e scienza*, Roma1991, p. 29.

deve collocarsi molto probabilmente alla base dello sviluppo della tecnologia. Più di qualsiasi altra vicenda o stimolo, infatti, il passaggio da un investimento ossidionale eminentemente passivo, caratterizzato da tempi estrinsecativi interminabili -ed in ciò il decennio di Troia non costituisce affatto un primato- ad uno attivo acuì l'ingegno umano: e non a caso *ingegna,* come ricordato, furono per i Romani le macchine ossidionali. Superfluo quasi aggiungere che al menzionato salto di qualità contribuì profondamente il ruolo che nel frattempo si era ritagliata la città, non più di mero aggregato residenziale ma di sede dei traffici, della produzione, della ricchezza e del potere, componenti tutte perfettamente capaci di remunerare gli sforzi immani di un assedio. Significativamente quanto delineato: "... si compì in Grecia, nel IV secolo, anche prima dell'intervento di Filippo il Macedone. Rivoluzionamento nell'armamento dei soldati, nell'impiego delle milizie mercenarie, certo, ma anche evoluzione nel ruolo e nella costruzione dei sistemi di fortificazione nel corso di questa prima metà del IV secolo. Alcune città restaurarono le loro mura e ne costruirono di nuove in pietra; si scavarono fossati per difendersi dalle macchine, fatto questo che sembra proprio dimostrare come le macchine belliche fossero divenute più potenti e anche più efficaci; si adottarono spalti rilevati, si facilitò la difesa delle mura laterali mediante barbacani e contrafforti, si moltiplicarono le torri.

La potenza della nuova tecnica bellica d'attacco, e ritroveremo questo fenomeno a più riprese, ha dunque costretto i greci ad un'evoluzione dei sistemi di fortificazione. E' possibile che in quest'epoca il genio meccanico dei greci si sia considerevolmente sviluppato. Non sarebbe sorprendente che l'arte militare, in particolare per ciò che concerne le macchine, abbia infatti approfittato di certe esperienze nelle quali ricerca teorica e ricerca applicata venivano ad essere alleate..."(**12**).

Quali che fossero le ragioni è certo che a partire dall'avvento di quello straordinario IV secolo, le città greche adottarono nuovi criteri difensivi. Forse il raccordarsi di più *polis* in rigide alleanze incentivò l'esigenza di incrementare la resistenza agli assedi, esistendo delle prospettive di aiuti esterni. Forse la medesima conclusione dipese dallo sviluppo dei commerci marittimi e dal conseguente affrancarsi dagli apporti alimentari delle circostanti campagne, sventando così lo spettro di una resa per fame in tempi brevi. Ma forse, ed è l'ipotesi di gran lunga più probabile, alle spalle di quelle notevoli trasformazioni devono porsi le artiglierie meccaniche, nel più generale contesto di una mutazione polemologica epocale. Per quanto possa sembrare paradossale, nella fase più arcaica della fortificazione perimetrale greca, la frustrazione degli assalti nemici non ne costituiva la primaria finalità. La ragione dell'anomalia deve individuarsi in una seconda singolarità, ovvero che l'espugnazione delle città non rappresentava, a sua volta, l'obiettivo delle operazioni militari, né la dimostrazione per antonomasia del successo bellico. Per la visione politica imperniata sulla costante riaffermazione dell'indipendenza la semplice violazione della sovranità territoriale, peraltro raramente eccedente il giro d'orizzonte, già equivaleva per i soccombenti alla più umiliante sconfitta e per i vincitori alla più indiscutibile vittoria. Nel che potrebbe, forse, ravvisarsi un estremo residuo culturale della società pastorale che individuava nell'incontrastato utilizzo dei pascoli il massimo riscontro della supe-

---

12 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 172.

riorità di una tribù. Tale originalissima ed atipica concezione strategica dovette protrarsi per molti secoli, poiché, per l'ampio conforto delle fonti, di sicuro ancora: "... intorno alla metà del V secolo, a.C., la scala dei valori militari greci sembra aver avuto quale fondamento strategico essenziale l'attacco e la difesa del territorio..."(**13**).

Quanto delineato trova una puntuale conferma nelle pagine degli autori classici stando ai quali, nella stragrande maggioranza dei conflitti fra città greche, ad operazioni concluse, i vincitori sono descritti perfettamente appagati dal puro controllo del territorio nemico, per giunta raramente a lungo irreversibile. Sporadici i riferimenti ad espugnazioni, esiti, comunque, improbi ed eccessivamente lunghi da conseguire. Da un punto di vista etico quell'indiscutibile inibizione potrebbe imputarsi ad una mai disconosciuta consaguineità etnica con i momentanei contendenti, già preziosi alleati contro le minacce dei barbari. Per lo stesso motivo sarebbe stato controproducente esasperare i successi, risapendosi anche per il futuro imprescindibili quelle alleanze, permanendo immutate le mire straniere. Costringere una città alla resa per fame e per sete, accomunando alle sofferenze dei combattenti tutti i civili inermi, non solo ripugnava moralmente ma soprattutto politicamente in quanto potenzialmente foriera di sciagurate iniziative. In conclusione lo scontro tra città greche ricorda molto un duello fra maschi di una stessa specie, determinati esclusivamente a ribadire il proprio presunto ruolo dominante, senza perciò mai spingersi alla soppressione dell'avversario, mettendo a repentaglio in tal caso la sopravvivenza dell'intero gruppo. O se si preferisce i tornei fra cavalieri medievali, le cui pesanti armature preservavano da qualsiasi ferita, tranne che nell'orgoglio. Pertanto i conflitti endoetnici in Grecia, almeno tra il V ed il III sec. a.C., si esaurivano, abitualmente, in urti campali, spesso estremamente violenti e sanguinosi, prodromici alla devastazione del territorio degli sconfitti, ma quasi mai della loro città. Nella circostanza: "... le derrate agricole finivano sia distrutte sul posto, sia razziate ed allontanate dagli invasori contestualmente alle truppe, agli schiavi ed ai cittadini che cadevano nelle loro mani. Le masserie erano incendiate, o almeno minuziosamente saccheggiate; il nemico a volte le privava persino dei loro migliori travi, dopo aver asportato tutti gli oggetti di ferro o di bronzo che in esse vi trovava... La sorte riservata agli alberi da frutta è più difficile da precisare... per ciò che riguarda l'Attica nel corso della prima parte della Guerra del Peloponneso siffatte devastazioni sono segnalate esplicitamente soltanto da Diodoro e da Aristofane..."(**14**).

Circa la convenienza strategica della suddetta procedura è presumibile che, per la stringente penuria derivante dalle distruzioni, l'intera popolazione sconfitta finisse costretta, per periodi più o meno lunghi, a dedicarsi spasmodicamente alla rimessa a cultura dei campi. Dagli stessi, infatti, doveva pur sempre continuare a trarre la maggior parte degli alimenti, accantonando nel frattempo qualsiasi velleità od ambizione militare: risultato di per sé già pienamente remunerativo per i vincitori nell'ottica greca. Scendendo ulteriormente in dettaglio, dal punto di vista operativo, la devastazione del territorio nemico deve

---

13 - Da Y.GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque*, Limonges 1974, p. 20. La traduzione dal francese è dell'A.

14 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit. pp. 23-24.

considerarsi al contempo causa ed effetto dello scontro risolutore, a secondo che si perpetrasse prima o dopo dell'urto. Causa poiché le scorrerie e le razzie tendevano a provocare l'uscita degli assediati dalle loro mura ed a battersi all'aperto. Effetto poiché le peggiori distruzioni si verificavano proprio dopo la disfatta campale, quando nessuno più poteva opporvisi in armi. La prima evenienza sembrerebbe di gran lunga la meno frequente. Infatti, quando i cittadini apprendevano, più esattamente scorgevano, la penetrazione nei propri confini di un aggressore si precipitavano in massa fuori dalla città per affrontarlo. L'atteggiamento di passiva attesa dall'alto degli spalti, in simili circostanze e per quell'epoca, va considerato eccezionale ed aberrante.

Il che lascia concludere che fino a quel momento almeno le mura non costituivano la difesa ad oltranza, o più verosimilmente che non fosse ancora apparso un nemico irriducibile col quale confrontarsi: i Persiani colmeranno la lacuna di lì a breve. Curiosamente nonostante il concretizzarsi della minaccia persiana, in Grecia l'adozione di cerchie del tipo di quelle ormai canoniche intorno alle città italiote sollevò aspre diatribe, precipue della sua esasperata dialettica democratica. Per Platone rappresentavano una minaccia gravissima all'onore della gioventù che, rintanandosi dietro tali robuste muraglie si sarebbe effeminata, coprendosi di ridicolo. Senza contare che le stesse, e l'accusa considerando la già deprecabile igiene pubblica non appare assurda, avrebbero compromesso ulteriormente la salubrità dell'aria. Di pari avviso anche Senofonte, che però non misconoscendone la necessità, le considerò un rimedio odioso ma legittimo. Intorno alla seconda metà del IV secolo un giudizio meno ideologico e più pragmatico inizia ad affermarsi, complice certamente il precipitare degli eventi e la netta percezione dei rischi incombenti. Ed è proprio Aristotele a farsene interprete ribadendo che:

> *"... quanti affermano che le città aventi aspirazioni al valore non debbano essere fortificate sostengono una opinione ben strana, specie costatando che quelle che di ciò si vantano ricevono delle smentite dai fatti. Sicuramente contro un nemico di valore uguale e leggermente superiore per numero, non è bello far dipendere la propria salvezza dalla protezione delle muraglie; ma siccome è parimenti possibile che, per superiorità numerica, gli aggressori abbiano ragione di difensori valorosi ma scarsi, se è necessario che la città garantisca la propria salvezza senza subire né danni né oltraggi, si è costretti a pensare che le fortificazioni capaci di fornire la maggiore protezione siano le migliori dal punto di vista militare,* ***soprattutto ai nostri giorni quando l'invenzione delle artiglierie e delle macchine d'assedio ha raggiunto tanta precisione...***"(**15**).

L'affermazione di Aristotele è fin troppo esplicita per richiedere ulteriori precisazioni: si potrebbe, se mai, scorgere nella stessa un qualche riferimento non solo all'entità numerica dei barbari ma forse anche al loro disporre già di artiglierie, dettaglio che ne certificherebbe il rapidissimo diffondersi: infatti dal momento presunto della loro invenzione a Siracusa, 399 a.C., sono passate poche decine di anni!

---

15 - La citazione è tratta da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., pp. 101-102.

Il giudizio di Aristotele, peraltro, è oltremodo interessante avendo ricoperto dal 342 il ruolo di educatore di Alessandro Magno col quale rimase in stretto rapporto fino alla sua prematura morte nel 323. E significativamente furono proprio i: "... successi folgoranti riportati da Filippo il Macedone e da suo figlio Alessandro [che] aprirono gli occhi... In precedenza... le macchine da guerra erano veramente rudimentali, ancorché si facesse uso di macchine delle quali le nostre fonti documentarie hanno cura di fare menzione..."(**16**). Per nulla casuale, allora, che poliorcetica greca pervenne al suo vertice proprio nel periodo che vide l'esplodere dell'azione di Alessandro il Macedone, quando i suoi eserciti di tipo mercenario avvertirono più dei coevi di estrazione statale l'esigenza di espugnare nel minor tempo possibile qualsiasi fortificazione, avvalendosi senza ipocrite recriminazioni di armi avanzate ed efficaci. In definitiva, Aristotele non parlava per sentito dire quando ribadiva il ruolo stravolgente ormai raggiunto dalle artiglierie!

Nessuna meraviglia, ancora, che l'identica concezione si ritrovi ulteriormente accentuata nell'esercito romano, con la medesima ampia adozione di macchine ed artiglierie quand'anche di origine straniera. La caratteristica saliente della sua poliorcetica, infatti, come più in generale della sua architettura militare, non fu mai l'originalità scientifica o tecnologica, essendo in sostanza entrambe una pedissequa derivazione di quelle greche, ma piuttosto la sistematicità e la disponibilità di risorse apparentemente illimitate destinate alla loro ottimizzazione. Potenzialità senza dubbio consentite dalla ricchezza, ma soprattutto da un sano buon senso privo di remore ideologiche, molto simile a quanto osservabile attualmente nell'esercito statunitense. E proprio quelle risorse, pienamente manifeste nei servizi logistici, consentivano di accrescere a dismisura il numero delle macchine.

Per molti aspetti l'avvento della meccanizzazione del teatro ossidionale deve reputarsi come la più antica rottura di equilibrio tra difesa ed offesa. Esattamente come avverrà millenni dopo con l'avvento della reazione chimica esplosiva e ancora più tardi con quella nucleare. In tutti i casi rubricati i canoni delle coeve fortificazioni, ampiamente collaudati in precedenza, finirono rapidamente infranti. La sicurezza sulla quale insisteva la civiltà messa ogni volta in discussione: intuibili le frenetiche ricerche per ristabilire un equilibrio.

Flavio Russo

---

16 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 171

Parte Prima

Elepoli

Le fortezze semoventi armate

Precognizione e reminescenza

Senza dubbio è possibile riconoscere nei disegni di Leonardo numerose delle attuali realizzazioni tecnologiche, non di rado rappresentate con impressionante chiarezza. Altrettanto certo, però, risulta che diversi di quei grafici sono stati interpretati forzatamente in chiave di preveggenza scientifica, precognizione che in realtà erano ben lungi dal possedere. Spesso, infatti, la loro stupefacente originalità dipende soltanto dalla nostra ignoranza sulle elucubrazioni progettuali dei suoi colleghi contemporanei e soprattutto precedenti, all'epoca ovviamente meglio conosciuti almeno nel rispettivo ambiente (**1**).

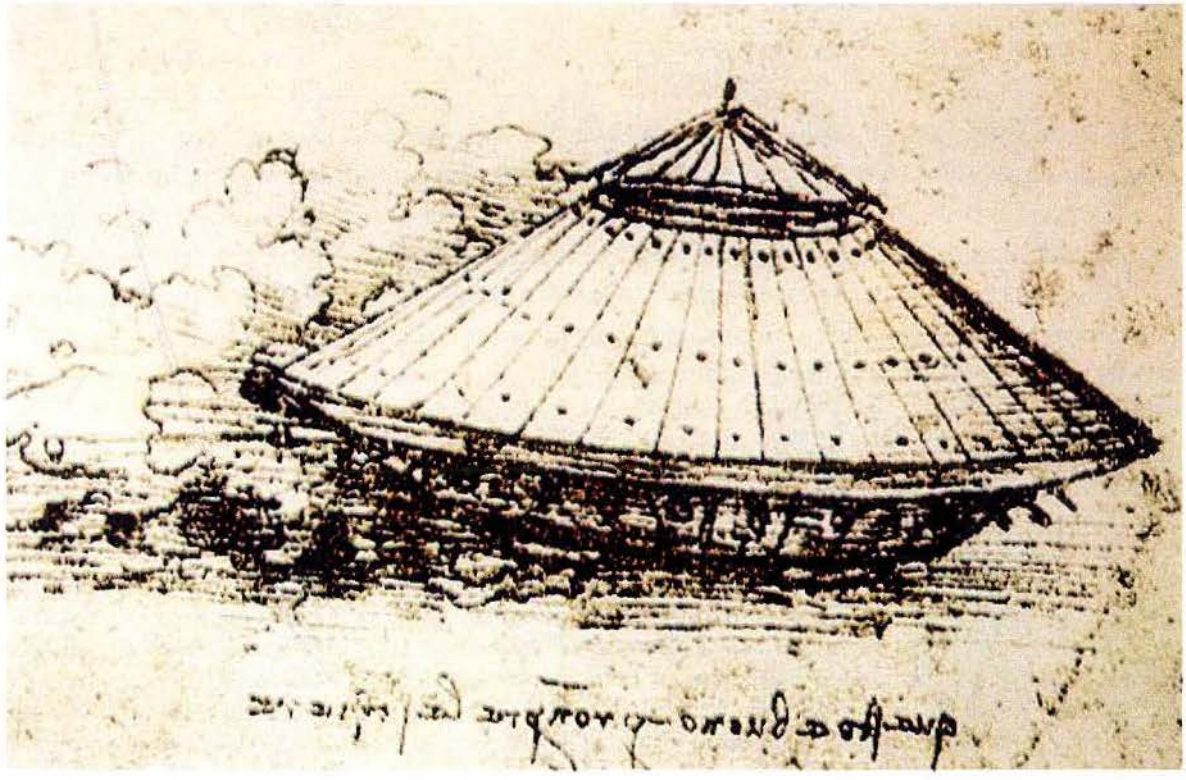
---

1 - L'interpretazione dell'opera di Leonardo ha sempre suscitato un medesimo commento, che possiamo, a titolo di esempio, estrapolare da due delle tante relative trattazioni. Scrive L. REDI, *Leonardo*, Berna 1974, pp. 67: "... molti dei suoi progetti e concetti erano troppo progrediti per i suoi contemporanei; è interessante notare che molti dei progetti ai quali egli lavorò divennero noti -e capiti- circa due secoli dopo la sua morte...". Anche nel campo dell'architettura si può osservare la medesima chiave di lettura, per cui C. PEDRETTI, *Leonardo architetto*, Electa 1978, p. 133: "Solo di recente si è cominciato a guardare ai disegni vinciani di fortificazioni per riconoscervi un elemento nuovo che è costituito dalle forme sfuggenti, aggressivamente difensive, plasmate come sembrano dalle traiettorie dei tiri delle artiglierie assedianti...". Il concetto in sostanza si ritrova esposto anche da A. C. CARPICECI, *L'architettura di Leonardo*, Firenze 1978. Ora è per lo meno strano che progettando avveniristiche fortificazioni, o apparenti tali ai non tecnici del settore, lo stesso sommo artista progettasse pure grandi balestre elastiche: in quegli stessi anni l'artiglieria raggiunse la configurazione che manterrà per i successivi tre secoli. Ma di ciò non si trova traccia nei tantissimi disegni vinciani. Come pure del bastione, che appare sempre in quei medesimi anni, e resterà nell'architettura militare fino alla metà del XIX secolo. E' probabile in conclusione un ribaltamento dell'affermazione iniziale: i suoi progetti non erano particolarmente apprezzati dai contemporanei non perché non compresi ma perché già noti.

Difficile, pertanto, stabilire se alcune delle più strabilianti invenzioni leonardesche furono l'impressione di una visione paranormale del futuro, l'acutissima conclusione di una ricerca, o non più semplicemente l'estremo ricordo, supportato da remoti manoscritti in seguito dispersi, di un mitico congegno dell'antichità. Forse solo una accorta interpretazione dei suoi essenziali brani di commento alle stesse dirada, ed a volte dissolve, tale ambiguità. Al riguardo tra gli esempi indubbiamente più coinvolgenti delle raffigurazioni belliche di Leonardo spicca il così detto carro armato.

A tutti è perfettamente noto quel celebre disegno che raffigura un veicolo semovente su quattro ruote dai cerchioni dentati, con scudature laterali lignee ad impianto conico.

Al suo interno una teoria di piccole bocche da fuoco posizionate anularmente per poter tirare in qualsiasi direzione.Un'arma semovente, quindi, destinata ad operare sul campo di battaglia in appoggio alle fanterie. Se mai persistesse qualche dubbio circa la



1 - Progetto di Leonardo per un carro da guerra, armato con numerosi piccoli pezzi d'artiglieria dislocati lungo il suo perimetro circolare.La disposizione, fornendo un intervento balistico su 360°, può a buon diritto ritenersi concettualmente analoga all'attuale torretta dei carri armati. Quanto alla protezione passiva, risolta con un rivestimento conico, più che alla robustezza del suo estradosso viene affidata al suo profilo sfuggente, secondo una concezione perfettamente nota sin dalla metà del '300.

corretta interpretazione viene fugato dalle parole del suo geniale ideatore, che così la pubblicizzava:

> *Item farò carri coperti, securi e inofensibili, e quali entrando intra li nimici cum sue artiglierie, non è si grande moltitudine di gente d'arme che non rompessino. E dietro a questi poteranno seguire fanterie assai, illesi e senza alcuno impedimento..."*(**2**).

Significativamente è interessante costatare che in effetti la motivazione d'intenti alle spalle del moderno carro armato propriamente detto fu: "...più che altro, la conseguenza diretta della guerra di trincea nella quale il fronte occidentale si era affossato dopo l'iniziale fase di movimento... [ovvero l'esigenza di escogitare] come attaccare frontalmente postazioni di mitragliatrici protette da filo spinato.

La soluzione fu un veicolo corazzato, costruito su telaio di un trattore Caterpillar, in grado di attraversare la 'terra di nessuno' in mezzo al grandinare di proiettili, superare i reticolati e distruggere le mitragliatrici con le proprie armi. "(**3**)

2 - Tank MKI dell'esercito britannico realizzato dalla Foster & Metropolitan Carriage Company. Sono i primi carri armati prodotti su scala industriale: fino al 1918 ne vennero realizzati oltre 1.000, sebbene in diverse varianti, di cui il 'Fermale' -da trasporto truppa- armato con 6 mitragliatrici da 7.92 mm, ed il 'Male' -da sfondamento- armato con due cannoni da 57 mm e quattro mitragliatrici leggere.

---

2 - La citazione è tratta dalla famosa lettera di presentazione a Ludovico il Moro. Pur non essendo autografa e sicuramente attribuita a Leonardo. Fa parte del **Codice Atlantico 391r.**

3 - Da A. DONNARI, *Il carro armato. Storia, dottrina, impiego*, Roma 1995, p. 11.

In sostanza la concezione della macchina è del tutto simile a quella preconizzata da Leonardo, e lo diviene ancora di più ricordando che quegli ingenui *tank* del 1916 erano concepiti per operare a diretto contatto con la fanteria di cui finirono per diventare parte integrante.

Concordando perciò tanto la connotazione tecnica del progetto di Leonardo quanto la sua descrizione operativa con gli archetipi dei moderni carri armati sembra coerente far rientrare quella curiosa macchina nell'ambito delle accennate precognizioni, nella fattispecie con quasi quattro secoli di anticipo. Il che, se mai ve ne fosse bisogno, costituirebbe una palese riconferma della genialità del progettista.

Ma approfondendo l'indagine ed estendendola ai taccuini ed agli schizzi dei numerosi *ingegneri* tardo medievali, disgraziatamente non altrettanto splendidi e chiari, la stupefacente originalità si dissolve in una miriade di antecedenti, che a loro volta sembrano non interrompersi mai dalla più remota antichità classica. Per cominciare proprio in quello stesso scorcio storico abbondano progetti di carri da guerra più o meno blindati, più o meno semoventi, più o meno muniti di artiglierie. Per cui: "...i carri leonardeschi, eccezion fatta per qualche variante dovuta non tanto alla sua immaginazione tecnica quanto alla sua abilità nell'arte del disegno, sono gli stessi che ci avevano già mostrato i suoi predecessori..."(**4**).

A voler essere pignoli, molte di quelle elucubrazioni non sono affatto velleitarie proposte di mitomani inventori o di sedicenti ingegneri in cerca d'ingaggio. Sappiamo infatti che già nel 1387 l'esercito di Antonio della Scala, signore di Verona, dispone di tre carri da combattimento. In particolare: "...ciascuno di essi è trainato da quattro destrieri corazzati ed è costituito da una torre quadrata girevole a tre piani dotata, su ciascun piano e lato, di dodici 'bombardelle' per un totale di ben 144 bocche da fuoco, manovrate da tre uomini..."(**5**).

Più precisamente, le cronache coeve ci tramandano un marchingegno così articolato:

"*Aparecchio di misser Antonio della Scala*

Hordinò tre carette, le qualle ciaschuna era armà a trisolari l'uno sopra l'altro. Era ciascuno di diti solari posti in quadro e per ciascheduno era XII bombardelle fitte fortissimamente, le quali ciascuna dele dite bombarde, ch'era in suma per caretta CXLIIII or bombarde: su le ditte carette per ciascuna stava III homini...; per ciascuna dele ditte carette era quatro grandi destrieri grossi, coverti tuti di cuoro cotto, e sopra quello aviano le barde d'azalle; sopra ciascuno dei diti destrieri era uno gientile scudiero tuto armato, e con una mane avia a riegere il freno e con l'altra s'avia a difendere con una acietta..."(**6**).

---

4 - Da B, GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Milano 1972, p. 172.

5 - Da A. SETTIA, *Comuni in guerra. Armi ed eserciti nell'Italia delle città*, Bologna 1993, p. 132.

6 - La citazione è tratta da A. SETTIA, *Comuni...* , cit. , pp. 132-133.

Indagando ancora più indietro nel tempo si trova menzione di carri d'assalto già nell'ultimo quarto del XII secolo, quando i Pisani impiegano '*carri imbattagliati*', illustrati nel trattato di Guido da Vigevano. Essi: "... vengono descritti come 'spaldati e incasellati, con piano superiore sovrapposto': enormi e ingombranti macchine, tali appunto da sembrare 'meno carri che vere e proprie torri mobili'. Il trattatista pavese vorrebbe invero farli avveniristicamente correre attraverso i campi 'senza bestie' e 'con furore' utilizzando... certi meccanismi a manovella... si prospetta però anche la possibilità che, 'quando sia necessario', i carri possano essere spostati per strada e con il più consueto traino di buoi e di cavalli... L'ipotetica automobilità 'cum furore' -destinata a rimanere utopistica ancora per molti secoli ne avrebbe certo fatto degli sconvolgenti mezzi d'assalto..."(7).

Apprendiamo così che, nel percorso a ritroso, a partire dalla metà del XII secolo il concetto di carro d'assalto si dissolve rapidamente per assumere le fattezze e le caratteristiche di una torre ambulatoria, di cui deve ritenersi senza dubbio l'estrema filiazione, condividendone sotto molti aspetti le connotazioni fondamentali.

A questo punto l'accertamento sulla paternità del carro semovente d'assalto in grado di superare, o di trascurare, le difese nemiche grazie alla sua mobilità ed al suo armamento sembra aver finalmente attinto la sua origine concettuale. Quanto alla sua concreta fattibilità, ovvero alla capacità di avanzare senza bestie da tiro deve ascriversi alla precognizione utopica precipua del medioevo, un sogno fantascientifico che richiederà oltre sette secoli per materializzarsi. Ma ancora una volta approfondendo l'indagine la schernita precognizione si trasforma in sbiadito ricordo: anche quella incredibile prestazione semovente proveniva da una realtà del passato. Tramandata da alcuni storici con esplicite ed incontrovertibili descrizioni, avvalorate da dettagliate relazioni dei coevi tecnici, la capacità di avanzare autonomamente costituì effettivamente una peculiarità delle migliori torri d'assalto, pesantemente dotate di artiglierie meccaniche!

Il carro da guerra semovente che Leonardo progettava all'alba dell'età moderna non era un congegno del futuro ma l'ultima versione di una antica macchina da guerra, semovente ed armata, destinata a superare le fortificazioni nemiche e lo stallo da esse prodotto, appositamente costruita e manovrata sin dal IV secolo a.C. In prima approssimazione sembrerebbe del tutto analoga alle notissime torri ambulatorie, o torri d'assedio, fatta salva l'adozione di un meccanismo motore e di un armamento balistico. Differenze che all'epoca non apparivano affatto trascurabili, tanto da farle meritare la definizione, per la verità forse eccessivamente pretenziosa ma illuminante, di **elepoli**, ovvero di *conquistatrice di città*! In definitiva una macchina talmente evoluta e micidiale da poter espugnare, da sola o con poche simili, le fortificazioni perimetrali urbane, le più avanzate e mastodontiche in assoluto per sviluppo, per concezione e per numero di difensori.

Lecito pertanto concludere che nella totalità dei taccuini degli ingegneri rinascimentali, nessuno escluso, proprio per quanto concerne le macchine da guerra più avveni-

---

7 - Da A. SETTIA, *Comuni...* , cit. , p. 125.

ristiche ed originali non: "... siamo in presenza di intuizioni geniali [ma]... forse di ricordi di idee e disegni anteriori..."(**8**). Più in generale, e sempre per l'identica, ragione si osserva il medesimo fenomeno nelle memorie dei cronisti al punto che: "...tanto più ci si familiarizza con gli scritti degli antichi... tanto più spesso ci si accorge che molte descrizioni degli storici medievali sono semplici riprese degli autori precedenti, che con la verità dei fatti realmente accaduti hanno poco o niente a che vedere..."(**9**). In definitiva, quindi, sembrerebbe che con il riaffermarsi della cultura scolastica dopo l'oscurità dell'alto medioevo, riaffiorino anche gli autori classici ed i trattatisti, fortunosamente scampati alla completa cancellazione, istigando quasi ad una rielaborazione dei rispettivi testi. Pertanto se nelle cronache degli umanisti ogni scaramuccia si trasfigura in epici scontri nei taccuini dei tanti tecnici si moltiplicano le macchine da guerra, spesso malamente intese e peggio disegnate. E' altresì probabile che le Crociate, mettendo a contatto la rozza cultura occidentale con la raffinata civiltà bizantina, sintesi della greco-romana, abbia stimolato quel processo. Di certo quelle remote macchine conobbero allora una vivace riscoperta ed una straordinaria rielaborazione. Tra esse, come tratteggiato, l'elepoli capace di attaccare le fortificazioni avanzando autonomamente e dirigendo sul settore prestabilito, mentre al suo interno, al riparo delle piastre di ferro l'equipaggio si prodigava tra i meccanismi di locomozione e le artiglierie.

Quasi ventiquattro secoli intercorrono tra il loro goffo incedere e quello ugualmente goffo dei *tank* britannici delle I Guerra Mondiale, ma la finalità non sembra sostanzialmente mutata. Ora come allora occorre superare la resistenza di una fortificazione tenacemente difesa con le armi. Marginali le differenze: al posto della cortina, ostacolo verticale, il groviglio dei fili spinati, ostacolo orizzontale, al posto delle alte cortine, le basse trincee, al posto dei nugoli di dardi le raffiche delle mitragliatrici. Sotto il profilo ostativo il reticolato può considerarsi la versione moderna dell'altezza delle fortificazioni arcaiche. In quanto tali, infatti, l'uno e l'altra non rappresentano di per sé ostacoli insuperabili in assoluto ma lo divengono quando l'assalto è condotto da un nutrito numero di attaccanti, condizione imprescindibile per il loro superamento. Se il valore difensivo delle due tipologie di interdizioni può equipararsi ne deriva una conseguente equiparazione anche dei mezzi meccanici finalizzati ad averne ragione, ovvero tra gli odierni carri armati e le antiche elepoli. Mobilità, corazzatura e armamento: la triplice caratteristica del carro armato trova in esse finalmente la sua genesi.

La genesi delle torri ambulatorie

Dal punto di vista poliorcetico, come in precedenza accennato, le fortificazioni arcaiche furono strutture eminentemente passive il cui maggior pregio consisteva nell'al-

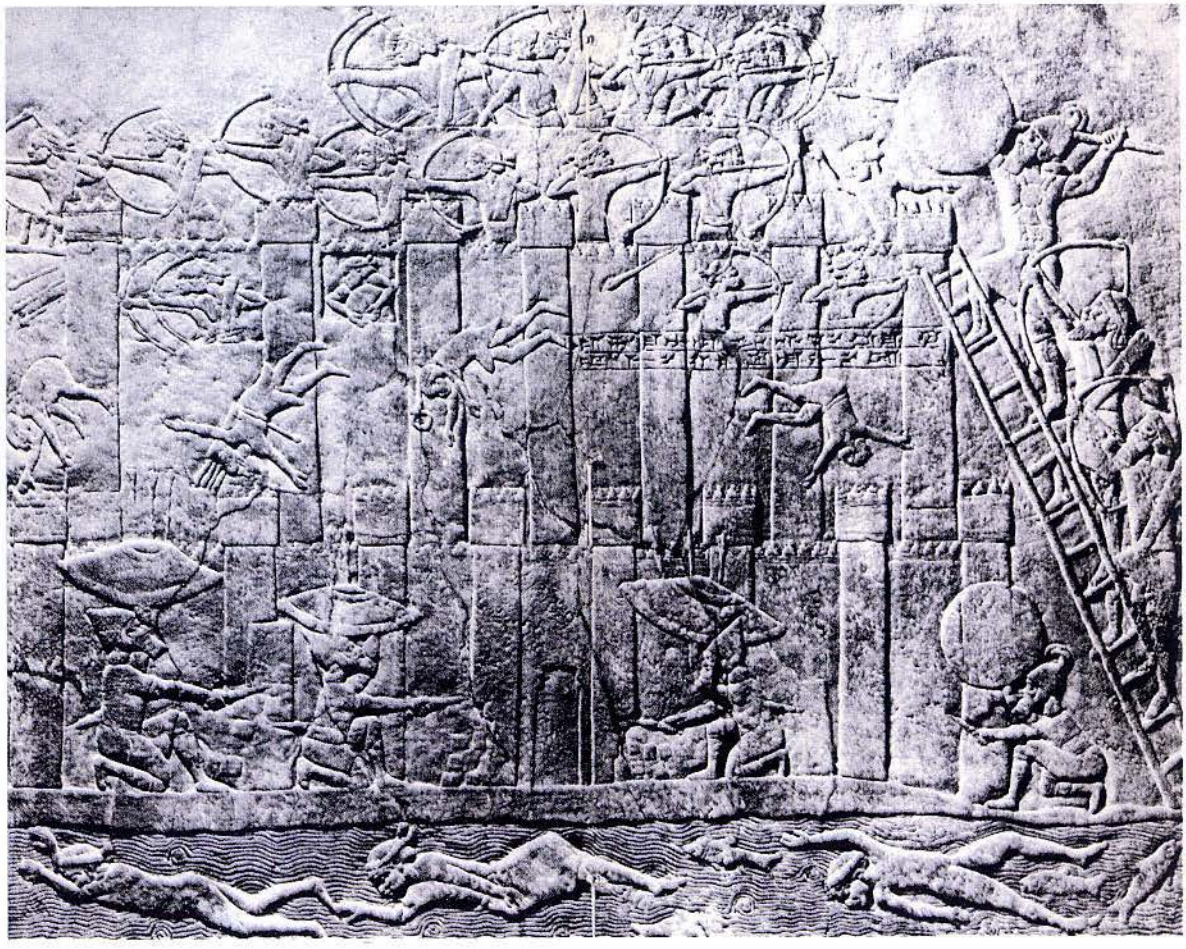
---

8 - Da B. GILLE, *Leonardo...* , cit. p. 35.

9 - Da A. SETTIA, *Comuni...* , cit. , p. 264.

tezza delle cortine. Per innalzarle a quote sempre maggiori la rudimentale tecnica muraria coeva non trovò altra soluzione che incrementarne a dismisura lo spessore di base e la dimensione dei conci. I ruderi di opere siffatte, per lo più limitati alla sola parte basamentale, se da un lato generano una condivisibile ammirazione per la mole del lavoro e per le intuibili difficoltà, dall'altro inducono però ad una assurda quanto gratuita supposizione di congegni in grado di sfondare le meno massicce. In realtà non esistette mai una macchina del genere: persino i migliori arieti non consentivano alcun successo contro mura tanto larghe.

Espugnare una cittadella, od una città, anche in epoca notevolmente più recente, significava semplicemente riuscire a penetrare al suo interno, magari dalla porta. Il che poteva avvenire o con un qualsiasi stratagemma, come il mitico cavallo di Troia, o scavalcandone le mura con funi e scale. Un vasto repertorio di scale d'assalto ci è stata tramandato dall'iconografia assira, greca e persino romana. Pertanto a giusta ragione l'ingenuo attrezzo può considerarsi il primo ed anche il più longevo congegno ossidionale dell'umanità. Non a caso dal VII millennio a.C. alla II Guerra Mondiale si ritrova la scala a pioli in innumerevoli raffigurazioni epiche, sempre identica a se stessa e sempre efficace!



3 - Rilievo di Assurbanipal, raffigurante l'espugnazione di una città cinta da un duplice ordine di mura turrite e difesa da arcieri: ben evidente la scala d'assedio.

Paradossalmente il precipuo limite delle scale più che di tipo dimensionale, fu indubbiamente, operativo. Infatti oltre a non consentire di attingere altezze considerevoli, o comunque eccedenti la decina di metri, sua risaputa portata massima, non consentivano soprattutto l'ascensione a molti attaccanti simultaneamente, anche quando i suoi pioli erano larghi alcuni metri. Se ne potevano certamente impiegare tante contemporaneamente, ed in diversi assedi questa fu la norma, ma l'espediente frustrando una deficienza finiva per accentuarne un'altra. Spingere da un lato una scala a pioli stretta con sopra alquanti uomini in precario equilibrio, non richiedeva un notevole sforzo: bastava un semplice forcone da fieno ed in pochi minuti si liberavano le cortine minacciate da incauti assalitori facendoli precipitare nei fossati.

La soluzione di migliorarne la stabilità e la solidità costruendole più larghe alla base, come quelle ancora impiegate dai contadini per salire sugli alberi, fu senza dubbio il primo passo. A quello seguì prestissimo la prassi di aggregarne insieme quattro, legandone i rispettivi lati lunghi. Ne derivò una sorta di traliccio troncopiramidale senza dubbio sufficientemente stabile e solido, ma disgraziatamente troppo pesante per poter essere accostato rapidamente alle mura dalle ondate d'assalto. Assurdo, peraltro, assemblarlo sul posto esponendosi alla micidiale gragnola di sassi scagliati dall'alto delle mura.

Il passo successivo, anch'esso abbastanza ovvio, fu di predisporre la base del traliccio all'appoggio sui rulli. Si sarebbe potuto perciò montarlo a distanza di sicurezza e condurlo, al momento opportuno, con relativa accortezza e rapidità a ridosso della cortina assediata. La manovra, che all'inizio dovette dimostrarsi risolutiva per l'inesperienza dei difensori, dopo poche estrinsecazioni venne facilmente neutralizzata mediante il lancio di dardi incendiari, mentre una maggiore dimensione ed articolazione dei fossati valse a scoraggiarne preventivamente l'adozione. Quanto fosse paventato l'accostamento delle torri ambulatorie anche in età molto più recente lo dimostrano i suggerimenti di Flavio Renato Vegezio compilati intorno alla metà del IV secolo d. C. Così il celebre trattatista:

> *"Per prevenire un pericolo tanto manifesto, vengono in ausilio molti sistemi.*
>
> *Anzitutto se vi sono ardimento e coraggio nei militari, fa una sortita un nucleo di armati e, ricacciato il nemico con un assalto divelto il cuoio a quella grande macchina, ne incendia il legno.*
>
> *Se i civili non osano uscire, lanciano con le balliste più grandi malleoli e malarici incendiari, allo scopo di bruciare la struttura interna dopo aver strappato il cuoio.*
>
> *I malleoli sono una specie di giavellotti che, siccome recano fiamme, dovunque impattano portano l'incendio.*
>
> *All'estremità della falarica, poi, si innesta, come una lancia, un poderoso ferro e nell'asta, dentro un cilindro, si mescolano zolfo, resina, bitume e stoppa intrisa di olio chiamato incendiario; questa lanciata con violenza dalle catapulte, infranta la protezione, si conficca nel legno e spesso appicca le fiamme alla macchina turrita..."*(**10**)

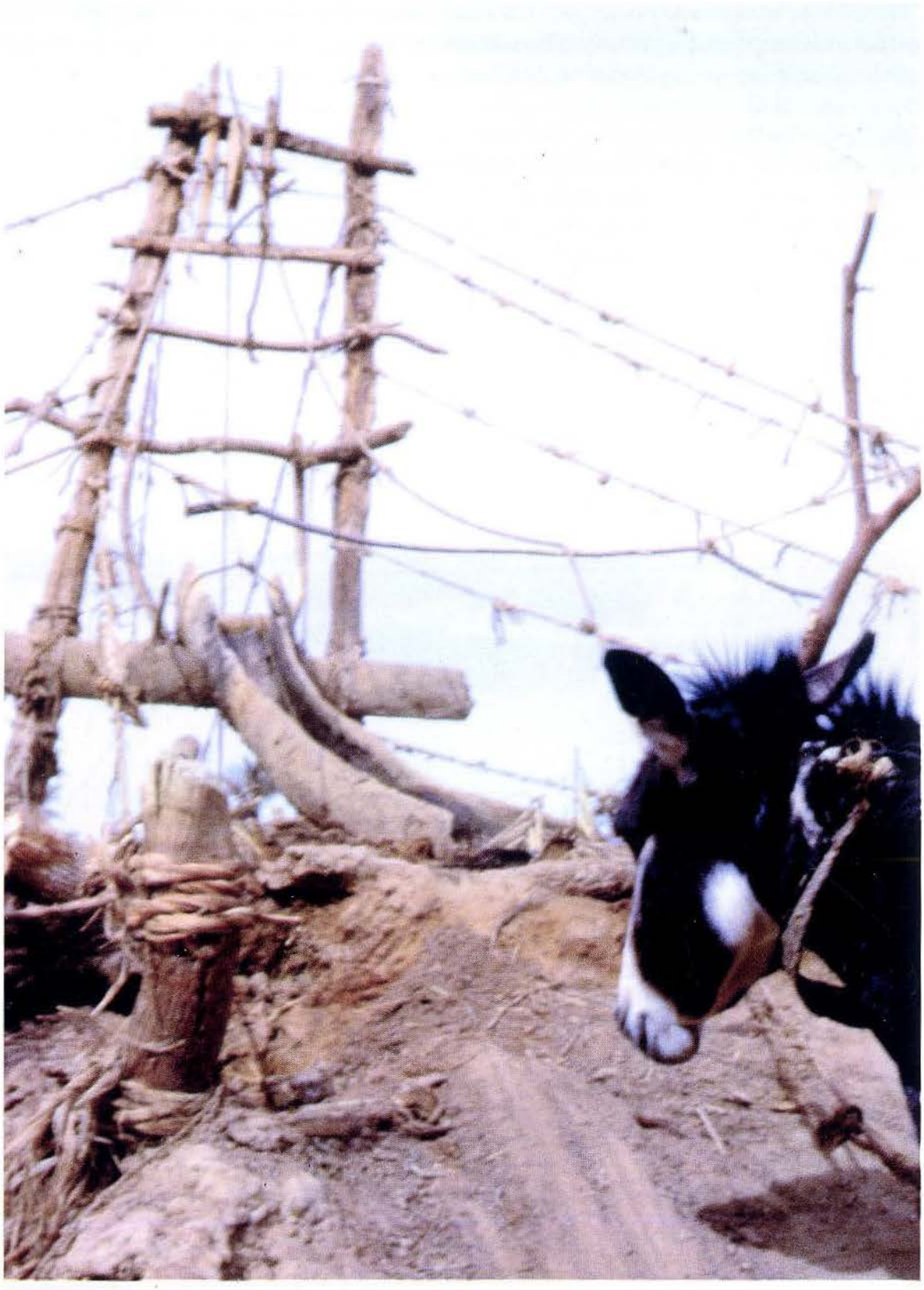
---

10 - La citazione è tratta da FLAVIO VEGEZIO RENATO, *L'arte militare,* traduzione di A. Angelini, Roma 1984, p. 167, lib. VI, cap. XIII.

Tuttavia, restando pur sempre l'unica maniera per violare una cerchia fortificata fu giocoforza dotare quelle rudimentali strutture mobili di un minimo di protezione ignifuga che al contempo fungesse anche da schermatura per i serventi.

Per la verità intorno al V secolo a.C.deve essere stata elaborata una piattaforma d'assedio mobile detta ***tolleno,*** od anche ***tollenone,*** etimo a cui risale il nome della notissima ed infantile *altalena*, per ovvie affinità concettuali. Si trattava di una macchina da scavalco straordinariamente simile alle moderne piattaforme a sollevamento idraulico impiegate per la manutenzione delle linee elettriche aeree, dei lampioni stradali, o per la potatura degli alberi, ecc. Il che costituisce uno stridente paradosso in relazione alla sua supposta remotissima origine, comune peraltro ad un'altra celebre macchina ossidionale medievale, da lancio però, il terribile *trabocco*. Infatti molti studiosi, fanno risalire entrambe, riconducibili in sostanza a grandi bilancieri, ai preistorici congegni elementari per il prelievo dell'acqua nei pozzi. Costituiti da aste a contrappeso, un tempo comunissimi nelle aree mediorientali, servivano per agevolare il sollevamento degli otri colmi, lavoro tradizionalmente sopportato dalle donne. Ancora oggi è possibile rintracciarne di funzionanti sempre nella medesima area, di diverse tipologie.

4 - REBIANA, Cirenaica Meridionale: pozzo ancora dotato del dispositivo a bilanciere per il prelievo dell'acqua. Il supporto è costituito da una sorta di grossa forcella sulla quale ruota l'asse della macchina.



5 - GERMA, Fezzan: il dispositivo a bilanciere per il prelievo dell'acqua è stato sostituito da una macchina appena più complessa, implicante l'adozione di una carrucola. Evidente quindi che proprio il bilanciere costituisce il primo passo nell'evoluzione delle macchine semplici.

6 - BARDAI, Tibesti: altro pozzo munito di bilanciere per il prelievo dell'acqua. Nella foto è ben visibile all'estremità corta, in alto, il contrappeso, mentre l'otre si distingue a terra, a fianco alla donna.

Tornando al tollenone, se ne rintraccia con assoluta certezza la prima menzione nella *Poliorcetica* redatta intorno al 355 a.C.da Enea il Tattico: "... i congegni che compaiono qui per la prima volta nella letteratura militare greca, erano probabilmente delle macchine più leggere, di costruzione più rapida e più economica delle torri. Esse dovevano essere costituite da una trave ruotante in un piano verticale intorno ad un asse mediano, e recante ad una estremità una sorta di navicella di cuoio o di vimini capace di ospitare più combattenti... "(**11**).

---

11 - Da Y. GARLAN, *Recherches...* cit. , p. 171.

II - TOLLENONE:è la macchine destinata ad innalzare sulle mura piccoli gruppi di assaltatori contemporaneamente ed in pochissimi istanti.Con molta probabilità derivava dai bilancieri a contrappeso impiegati per sollevare gli otri d'acqua dai pozzi in medioriente.

Quasi due millenni dopo il Sardi nella sua opera ne da la seguente descrizione:

> *"Il tollenone era un'albero, come da Nave, piantato vicino alle muraglie à traverso del quale era accomodato un legno, come una Antenna, da un capo della quale era attaccata una catena, qual sostentava una cassa ferrata capace di otto o dieci uomini, dall'altra parte, erano adattate funi, con le quali per forza di molti soldati tiravano in alto (à guisa di Antenna) il legno trasversale, e stando i soldati securi dentro il cassone, bersagliavano il difensore, e lo levavano dalle diffese, e finalmente calato il cassone sopra le mura denudate di difensori s'impadronivano della Città... "*(**12**)

---

12 - Da P. SARDI, *Architettura militare*, Venezia 1639, p. 40.

In pratica il *tollenone* si componeva di una lunghissima trave incernierata asimmetricamente sulla sommità di un montante. Una squadra di serventi tirandone il braccio più corto, mediante numerose funi, provocava l'innalzamento e quindi la rotazione di quello più lungo, alla cui estremità stava appesa una sorta di navicella, in cui prendevano posto alcuni uomini. In pochi istanti gli ardimentosi assaltatori si ritrovavano comodamente depositati, al di là del fossato, direttamente sugli spalti. E' ovvio che non essendo votati al suicidio l'azione si estrinsecava di concerto con diverse altre analoghe e contemporanee, in modo da disperdere i difensori lungo l'intero settore investito. Più verosimilmente avveniva sotto la copertura di un nutrito lancio di frecce dal basso, non essendo credibile che l'equipaggio del tollenone potesse tirare ed avventarsi sui nemici, come invece semplicisticamente ricordava il Sardi. Ad ogni buon conto una o più macchine del genere, nonostante la loro indubbia funzionalità e rapidità di costruzione, potevano trovare impiego solo in occasionali colpi di mano, essendo nelle circostanze normali troppo vulnerabili.

Le torri mobili, pertanto, continuarono a fornire l'unica modalità di approccio dall'alto alle mura assediate, subendo perciò una continua serie di perfezionamenti e potenziamenti, strutturali e funzionali. La configurazione che alla fine si impose era tronco piramidale, insistente su di un poderoso telaio a sua volta poggiate su rulli, o su ruote, per la massima mobilità. Dal che la definizione classica di torri ambulatorie, macchine capaci di coniugare le prestazioni delle migliori scale con quelle dei tollenoni, in modo da sovrastare qualsiasi opera assediata. Per garantire alle sue strutture portanti un minimo di resistenza al fuoco si ricorse, nei prototipi più elementari ed economici, all'utilizzo di varietà di legname di difficile combustione, sovrapponendovi, spesso, un rivestimento di pelli fresche.

Il celebre trattatista romano Vitruvio, che stando almeno a quanto lui stesso tenne a farci sapere nella sua opera, oltre ad essere architetto professionista era sovrintendente governativo alla costruzione delle macchine belliche, ci tramanda al riguardo alcune interessanti precisazioni. La loro valenza in materia risulta ovviamente preminente essendo frutto della diretta esperienza di un apprezzato tecnico. Del resto tale: "... opera, pubblicata probabilmente tra il 26 e il 14 a.C., è l'unico trattato su questa disciplina che sia pervenuto fino a noi dall'antichità. Si tratta di una compilazione piuttosto ampia, in dieci libri, che adotta criteri molto larghi nella scelta delle materie considerate pertinenti all'architettura. La sua unicità e la sua apparente autorevolezza ne fecero una delle opere classiche più studiate e più influenti durante il periodo rinascimentale... "(**13**). Il che ci stimola ad avvalerci proprio di una sua traduzione rinascimentale, quella di Fabio Calvo Ravennate, celebre filologo ed umanista, che la eseguì per Raffaello, senza dubbio la più vicina alla logica ed alle conoscenze dell'Autore:

> *"El larice [larice], el qual non è noto se non in luochi che son posti appresso al Pado over Po et al mare Adriatico, non solo per la sua grande amaritudine sono sicuri dalle tarme e tignole, ma anchora non recevon la*

---

13 - Da W. H. STAHL, *La scienza dei Romani*, Bari 1974, p. 123.

fiama del foco... Come veramente questo legno sia stato [trovato] è bello a cognosciere... Divo Cesare essendo con l'exercito intorno a l'Alpe... et essendovi tra gli altri un castel forte, che dalla frequente e spessa moltitudine de questi arbori se chiama Lariana, allora li abitatori di quel castello, fidandosi della natural fortezza del luoco non volsero ubbidire alli suoi comandamenti. Per el che lo Imperatore comandò alle genti che se li acostassero e che li fessero ubidir per forza. Eravi una torre inante alla porta d'esso castello molto alta, facta di questo legname, con trave traversate l'una sopra l'altra e composte come una piramide... Cesare comandò che portassero di molte fascine apresso quella torre e che vi mettesser foco; el che subito fu facto. Et immediate che la fiama intrò in quelle fascine mandò un vapore et un incendio di esseìa infino al celo e pareva che la opinione desse che tutta quella torre fosse arsa e consumata. Ma poi che quella fiama... fu consumata et estinta e ch'ella cessò, comparse la torre intacta..."(**14**).

L'affermazione di Vitruvio circa la difficoltà ad ardere del larice non trova in pratica alcuna conferma. Poichè nel corso della ricerca sarà frequentissimo il riferimento a particolari tipi di legno da costruzione, onde evitare analoghi luoghi comuni ci sembra indispensabile, prima di proseguire, fornire una sintetica scheda sulle caratteristiche fisiche dei principali alberi.

Abete

Sotto l'unico nome generico sono inclusi due distinti Generi detti rispettivamente *rosso* e *bianco*. In pratica: "... ambedue le specie di Abete si presentano con fusti slanciati e regolari che possono raggiungere il diametro a petto d'uomo di 60-70 cm e l'altezza di 35-40 m... dal punto di vista dell'aspetto generale non si hanno tra le due specie delle differenze tali da agevolare la loro distinzione... La massa volumica... varia entro un campo molto ampio tanto se viene preso in esame legno allo stato fresco, come quello degli alberi appena tagliati, oppure se si considera materiale che ha già subito un periodo di stagionatura che ha portato la sua umidità attorno al livello normale del 12%. Per legname fresco di entrambe le specie i limiti estremi possono essere considerati 0.52 e 1.20 g/cmc mentre per il legname stagionato si sta tra 0.30 e 0.62 g/cmc: in quest'ultima condizione il valore medio di massima frequenza è 0.44 per l'Abete bianco e 0.45 g/cmc per l'Abete rosso...

Larice

... Il Larice si presenta con fusti a forte rastremazione che possono toccare notevoli dimensioni: altezza di 35-40 m, con diametro a petto d'uomo di 1 m... L'elevato contenuto di resina del legno conferisce allo stesso, se fresco di taglio, un gradevole profu-

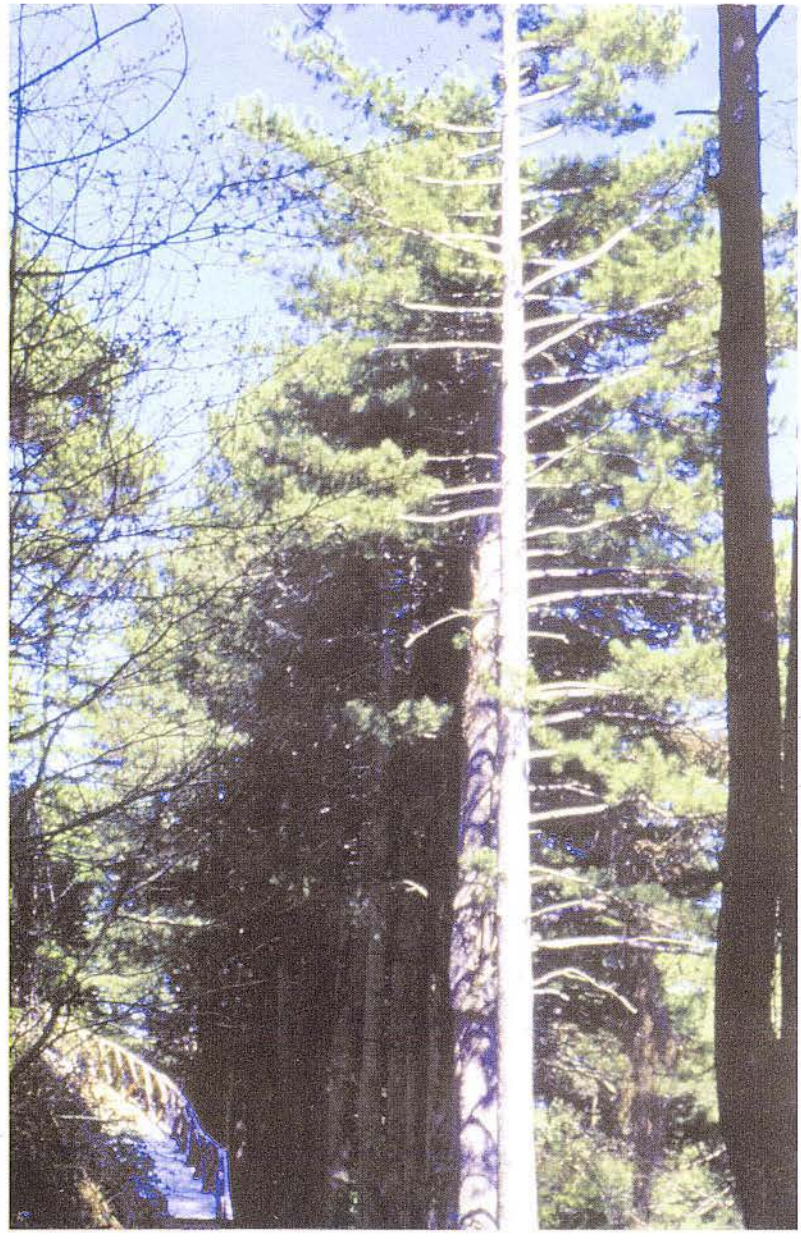
---

14 - La citazione è tratta da, *Il* De architettura *di Vitruvio nella traduzione inedita di Fabio Calvo Ravennate*, a cura di V. FONTANA e P. MORACHIELLO, Roma 1975, p. 138. Nella versione latina lib. II, cap. IX.

mo... I limiti di variazione della massa volumica sono piuttosto ampi: allo stato fresco si va da 0.56 a 1.10 g/cmc mentre ad umidità normale i limiti sono 0.38 e 0.93 g/cmc con valore medio di massima frequenza attorno a 0.65 g/cmc...

Pino silvestre

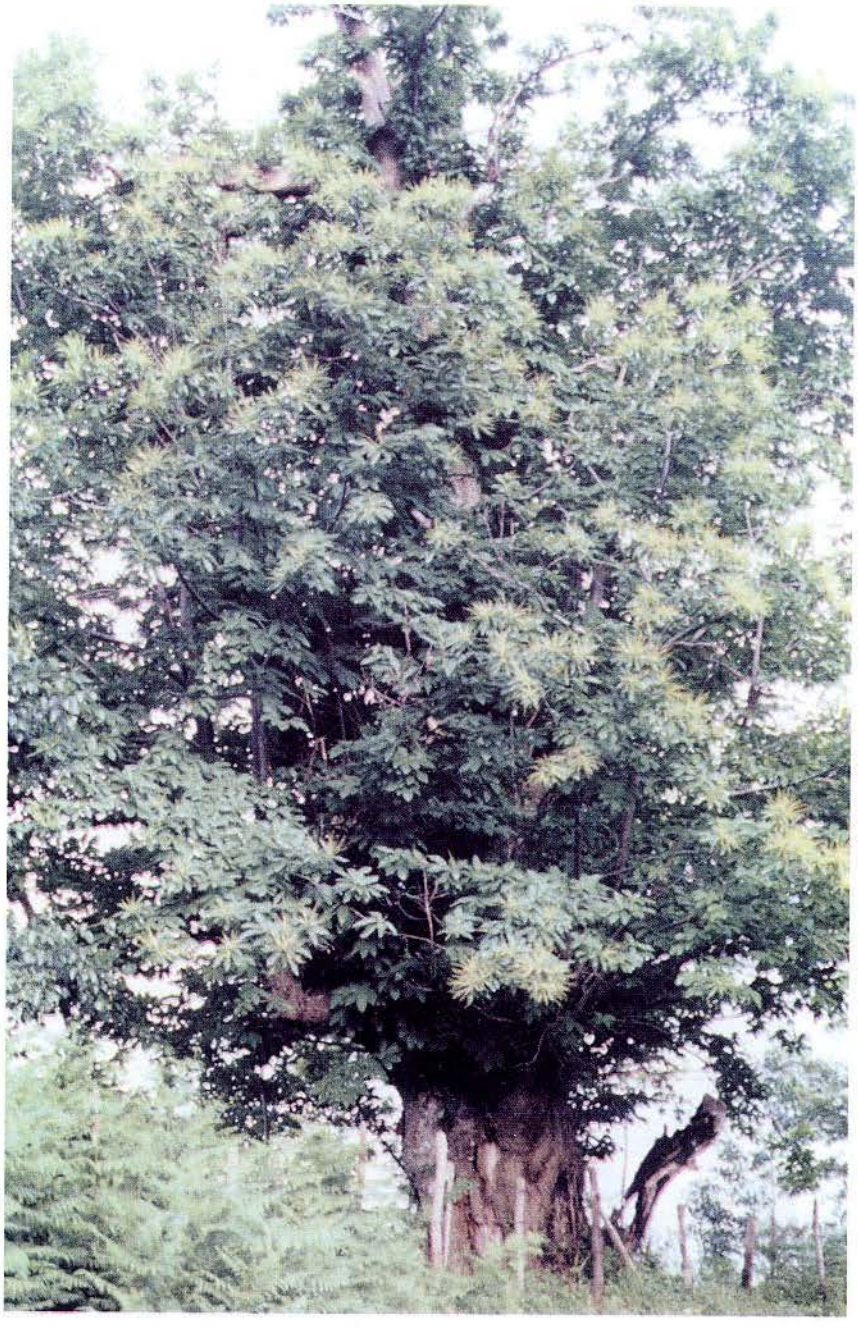
... Il Pino silvestre può raggiungere l'altezza di 35-40 m con diametro di 70-80 cm: la forma dei fusti è fortemente influenzata dalle condizioni ambientali: si possono vedere dei popolamenti con alberi diritti e regolari ed altri con buoni individui di forma scadente... La massa volumica può variare entro limiti molto ampi: allo stato fresco da 0.45 a 1.03 g/cmc e ad umidità normale tra 0.38 e 0.66 g/cmc con valore medio di massima frequenza attorno a 0.55 g/cmc...



7 - Filare di Pini, dai fusti di notevole altezza e perfettamente diritti, l'ideale per la costruzione delle elepoli. Località monte Faito, Vico Equense, Na.

Castagno

... Specie largamente diffusa nelle zone collinari e di media montagna di tutta l'Italia... Per la sua longevità il Castagno può raggiungere notevoli dimensioni (si citano esemplari di oltre 5 m di diametro), ma anche attenendoci alle medie si può avere verso i 120 anni di età un diametro di 80 cm con un'altezza di 25-30 m. I fusti di Castagno selvatico, cioè non innestati per la produzione dei frutti, sono diritti e slanciati mentre quelli degli alberi da frutto sono generalmente più tozzi, con ampia chioma... La massa volumica allo stato fresco varia tra 0.70 ed 1 g/cmc mentre ad umidità normale del 12% oscilla tra 0.37 e 0.70 g/cmc, con valore medio di massima frequenza attorno a 0.58 g/cmc...



8 - Enorme castagno secolare, in piena fioritura.

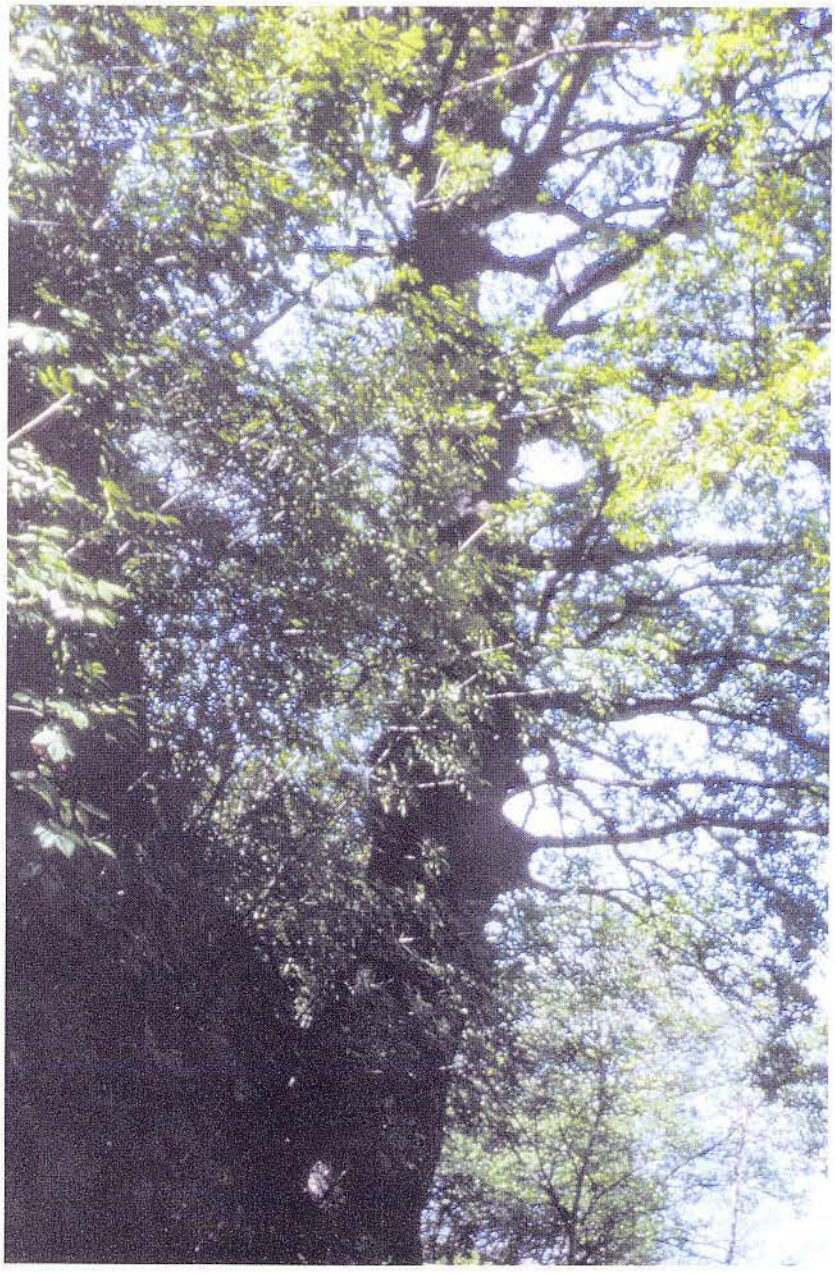
Pioppo

... Il Pioppo è presente in Italia con tre specie indigene... il Pioppo bianco... Pioppo nero... e Tremolo... Il Pioppo bianco, comune lungo i corsi d'acqua della pianura e della media montagna, arriva a dare fusti di notevole dimensione (diametro a petto d'uomo sino ad 80-90 cm, altezza di 28-30 m), con ampia chioma che non interferisce però sulla forma diritta e regolare del fusto... Il Pioppo nero, esso pure spontaneo lungo i corsi d'acqua della pianura e della media montagna... [ha fusti che] possono raggiungere il diametro di 70-80 cm ed altezza di 26-30 m, la loro forma è poco regolare... Il Tremolo, per quanto presente anche in pianura, predilige la media montagna dove forma talora piccoli popolamenti puri... I fusti arrivano a buone dimensioni (diametro 35-40 cm ed altezza sino a 20-22 m) sono notevoli per il loro portamento diritto, per la regolarità della forma e per la scarsità di grossi rami... [massa volumica ad umidità normale del 12% rispettivamente di 0.48 g/cmc, 0.50 g/cmc e 0.510 g/cmc...

9 - Pioppo bianco, *Populus alba*, di medie proporzioni, ripreso in inverno

Quercia

Il genere botanico *Quercus* è largamente diffuso nel mondo con moltissime specie delle quali ben 10 presenti in Italia: la Rovere... la Roverelle... la Farnia... il Cerro... il Farnetto... il Fragno... la Coccifera... la Vallonea... il Leccio... e la Sughera. Di tutte queste specie hanno però realmente importanza per il loro legno quale materiale da costruzione soltanto le prime quattro... Gli alberi di queste quattro specie possono raggiungere notevoli dimensioni: diametro a petto d'uomo superante talora 1 m ed altezza da 35 a 40 m. La forma dei fusti non è molto regolare a causa dell'ampiezza della chioma formata da grossi rami inseriti piuttosto in basso... La massa volumica allo stato fresco oscilla tra 0.90 e 1.20 g/cmc; all'umidità normale del 12% tali limiti scendono a 0.50 e 1 g/cmc con media di massima frequenza attorno a 0.76 g/cmc...



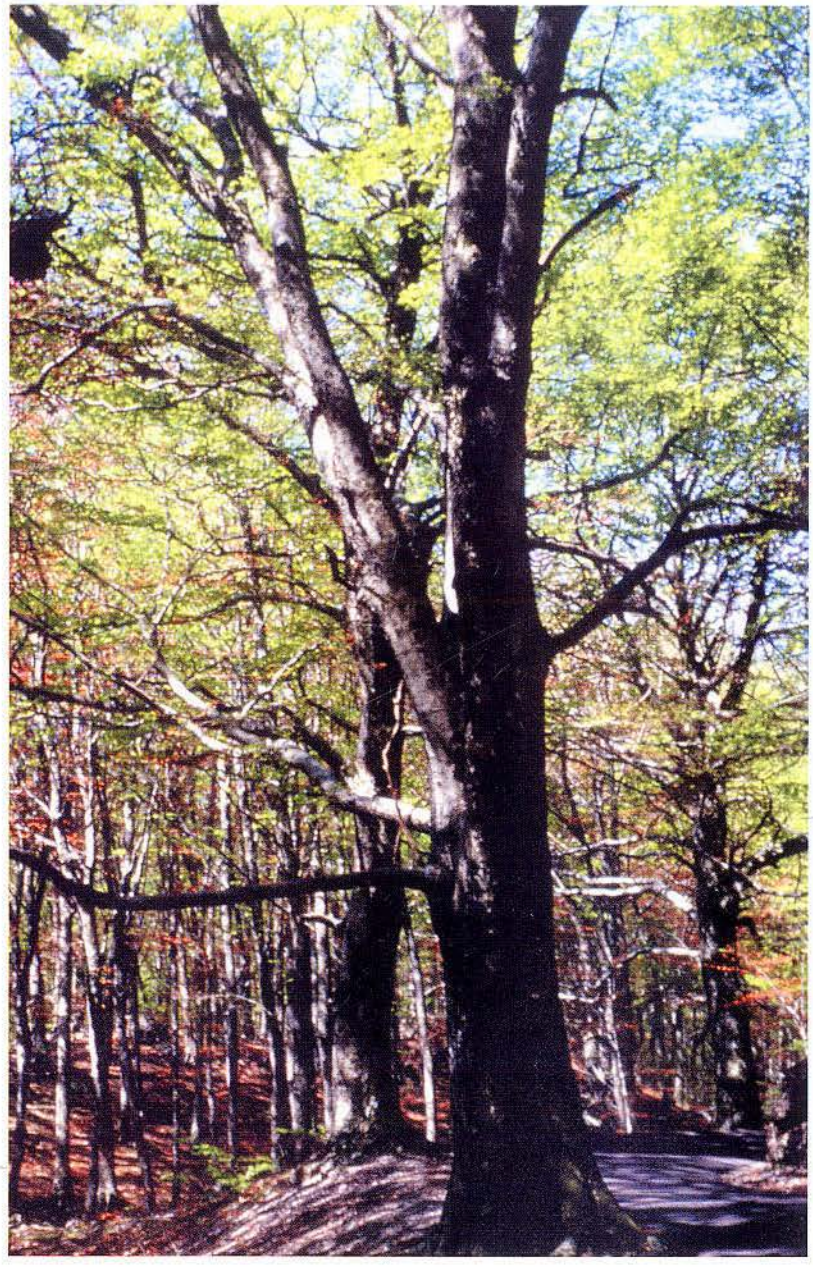
10 - Enorme Quercia, ultrasecolare: il suo diametro raggiunge i 2 m con una altezza superiore alla ventina. Cusano Mutri, Bn, località S. Maria del Castagneto. Alberi del genere due millenni or sono erano estremamente comuni nell'Italia centro meridionale

Faggio

... Il Faggio è largamente diffuso in Italia nella bassa e media montagna e, nell'Europa Centrale, anche in pianura. Fornisce fusti di buone dimensioni (diametro a petto d'uomo 70-90 cm, altezza di 24-28 m): la forma è regolare negli alberi cresciuti in fustaia densa, mentre se è cresciuto isolato o in boschi sfruttati irrazionalmente presenta fusti piuttosto tozzi e con bassa impalcatura di grossi rami... La massa volumica allo stato fresco può mediamente ritenersi di circa 1 g/cmc mentre all'umidità normale del 12% si aggira attorno a 0.73 g/cmc... "(**15**).

---

15 - Da G. GIORDANO, *Tecnica delle costruzioni in legno*, Milano 1993, pp. 716-762.



11 - Bosco di Faggi di medie dimensioni: località monte Faito, Vico Equense, Na.

Chiusa l'indispensabile parentesi botanica, possiamo tornare alle torri ambulatorie, per le quali al di là della suggestiva, quanto fantasiosa, narrazione vitruviana il fuoco costituì sempre la principale minaccia. Da un punto di vista strutturale una torre ambulatoria si può assimilare ad un traliccio mobile di legno, di notevole altezza, immancabilmente eccedente quella delle opere investite. La macchina, quindi, almeno negli esemplari più semplici, non presentava rilevanti complessità costruttive o meccaniche, riducendosi in definitiva, ad un robusto telaio dai cui spigoli spiccavano quattro grossi montanti, altrettanti enormi fusti d'alberi, solidamente raccordati fra loro. Al di sotto del telaio, dapprima rozzi rulli e poi massicce ruote.

Verticalmente il suo volume venne suddiviso in diversi piani, in media uno ogni 3 m circa, fungenti da ballatoi per le rampe di scale, che conducevano alla sommità, e da piattaforme per gli arcieri e per le armi da lancio. La sua superficie anteriore, e progressivamente anche quelle laterali, furono abitualmente rivestite con graticci di vimini. Non di rado su quella troppo leggera schermatura si collocarono anche delle pelli di bovini appena macellati, o di cuoio non conciato. L'intero estradosso della torre diveniva così perfettamente simile ad uno scudo coevo, garantendo perciò una discreta protezione all'equipaggio dalle frecce degli assediati ed alla stessa dai dardi incendiari.

In cima stava la piattaforma d'attacco, equivalente alla terrazza sommitale delle torri in muratura, propriamente detta *piazza d'armi*. Ed appunto come quella fu munita di coronamento merlato ed in alcuni casi di copertura a doppio spiovente.

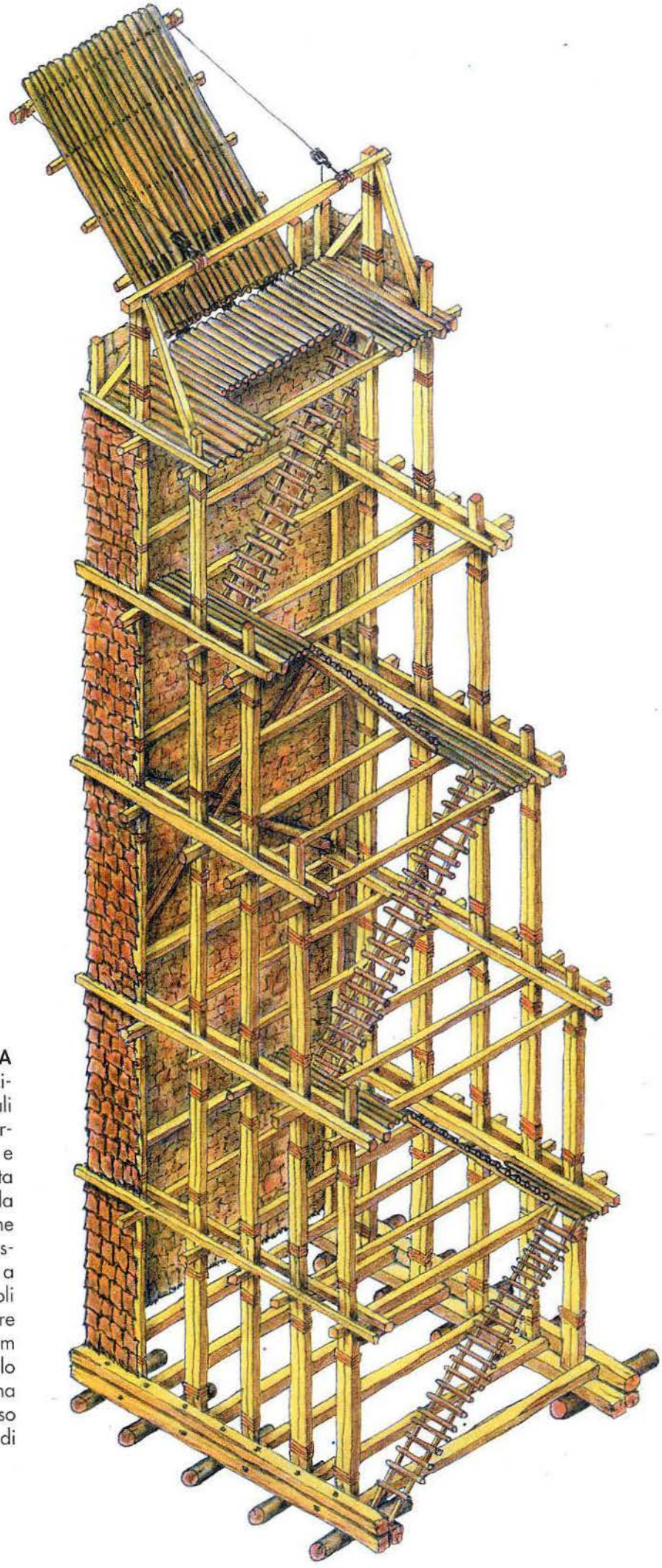
Il passaggio dall'interno delle torri ambulatorie alle fortificazioni assaltate si compiva mediante un ponte volante, molto simile ai celebri *corvi* d'impiego navale, senza dubbio da quello derivati. Questa la descrizione lasciatacene da Vitruvio:

> *"E dice che si vol fare una torre non meno alta di sexanta cubiti; larga decesepte; la contractura di sopra la quinta parte manco di quella di socto, gli arectarii nel fondo della torre vol che siano grossi nove once e in summo mezzo piede, che son sei once; e dice che questa bisogna che habia dieci tavolati over solari et in ognuno di quelli finestrelle; ma, se ne farà una magiore, vol che sia alta centovinti cubiti, larga vintiquatro e mezo, la contractura di sopra una quinta parte, gli arectarii di sotto grossi un piede, di sopra mezzo piede. Et a questi vi facceva vinti tavolati, et ad ognuno di questi dava tre cubiti di altezza, copriva di corii crudi di bovi, aciochè quelli che stavano di dentro fosser sicuri da ogni colpo..."*(**16**).

Va osservato che a differenza delle torri ambulatorie più evolute nei modelli primordiali, od arcaici, il ponte era posizionato alla massima altezza in modo di sfruttare pienamente la dimensione verticale della macchina. Solo in seguito si preferì rinunciare ad una frazione di tale vantaggio in cambio di una migliore difesa del ponte stesso, fissandolo perciò alquanto più in basso. La razionale modifica fu consentita soprattutto dalla capa-

---

16 - La citazione è tratta da, *Il* De architettura *di Vitruvio nella...* , cit. , pp. 396-397, corrispondenti a lib. X, cap. XIX.



III - TORRE AMBULATORIA di tipo arcaico, riconducibile ad un traliccio di pali di legno rivestito anteriormente con pelli fresche e spostato su rulli. Una sorta di *corvo* è posizionato alla sua sommità, collocazione che in seguito sarà abbassata.Le scale sono ancora a rampa unica, con piccoli ballatoi intermedi.La torre raffigurata è di circa 30 m di altezza, e presenta solo sulla faccia posteriore una rastremazione. Il suo peso non eccede la decina di tonnellate.

città, sviluppatasi in breve tempo, di costruire torri d'assalto sempre più elevate. Pertanto la quota del ponte, da un certo momento in poi, coincise tassativamente con quella degli spalti nemici, pur ritrovandosi vistosamente al di sotto della piattaforma sommitale, ben coperto, perciò, dal tiro degli arcieri ivi schierati. Questi, grazie alla loro preminenza avevano buon gioco a colpire i difensori non più defilati dalle merlature. In breve volgere il settore di mura investito da una torre ambulatoria si vuotava completamente, restando alla mercè degli assalitori, evento prodromico alla completa espugnazione.

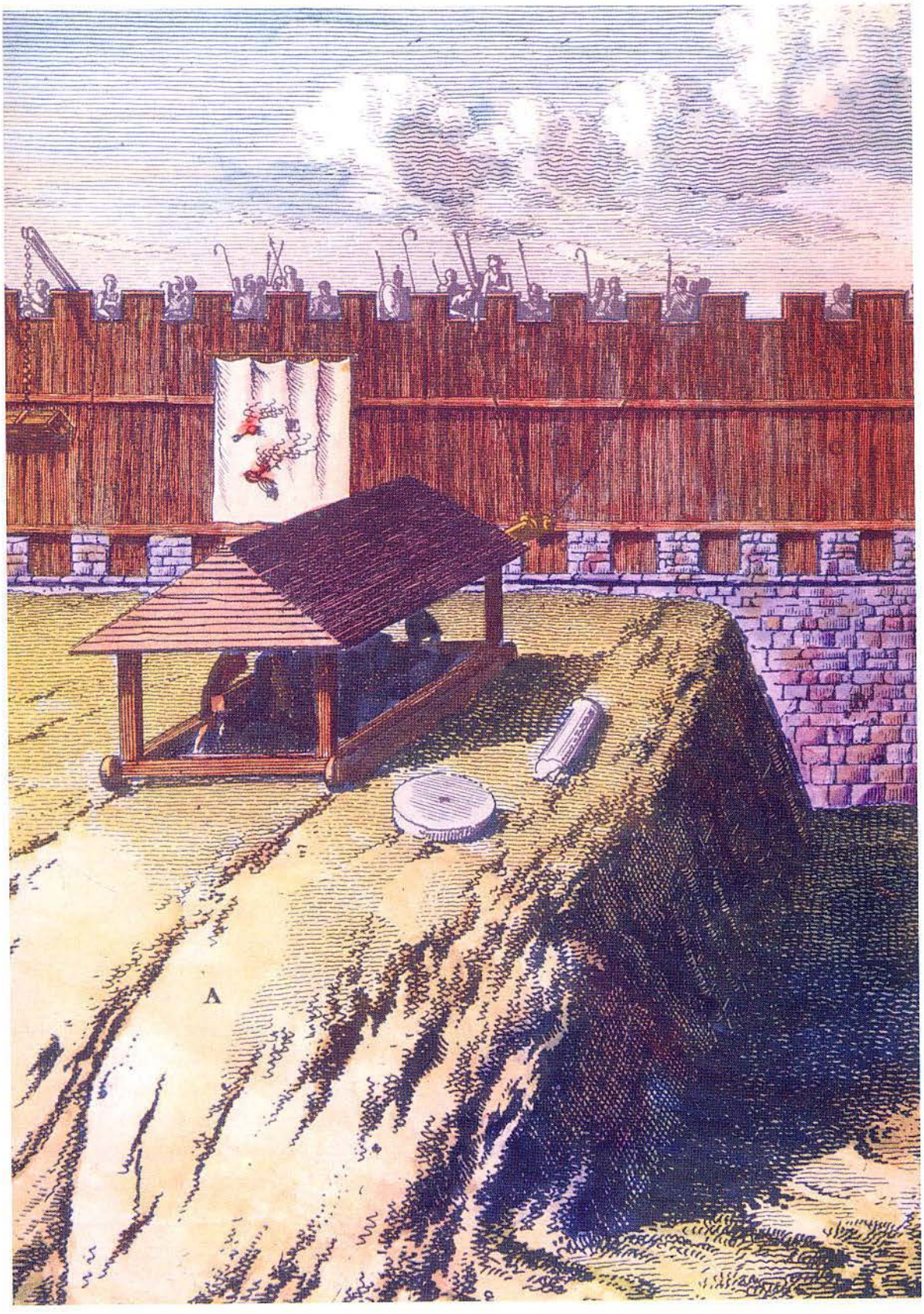
Per frustrare tale terribile potenzialità vennero elaborate adeguate contromisure sin dal V secolo, chiaramente documentate nelle memorie storiche. Emblematica quella messa in atto dagli abitanti di Platea assediati dagli Spartani, nel 428 a.C., così rievocata da Tucidide:

> "[Archidamo comandante degli Spartani] *dispose l'esercito alla guerra. Circondò la Città -perché nessuno più ne uscisse- di una palizzata costruita con gli alberi che avevano tagliati. Poi eresse un argine contro la città, sperando di prenderla assai presto, perché vi lavorava un esercito così numeroso... Costruirono diciassette giorni e diciassette notti ininterrottamente, stabilendo turni di riposo; in modo che, mentre gli uni trasportavano, gli altri si ristorassero di cibo e di sonno... Vedendo elevarsi l'argine i Plateesi costruirono un muro di legno; lo eressero sulle proprie mura, là dove di contro si levava l'argine e riempivano lo spazio interno con mattoni tolti alle case vicine. Il legname faceva loro da impalcatura affinché la costruzione, pur risultando alta, non mancasse di solidità, ed era coperto di pelli e di cuoi; in modo che i lavoranti e il legname fossero al sicuro dalle frecce incendiarie. L'altezza del muro si elevava considerevolmente; ma l'argine di contro procedeva con non minore sveltezza..."*(**17**).

Quanto fosse reputata vincente, anche sotto il profilo psicologico, la preminenza delle torri ambulatorie rispetto alle fortificazioni lo si può arguire dalla comparsa di una sofisticata tipologia a configurazione telescopica. Tali macchine erano in realtà costituite da una torre tradizionale, a struttura tronco piramidale, all'interno della quale ve ne stava impiantata una seconda molto più piccola, una sorta di torrino parallelepipedo. L'astuto accorgimento consentiva di compiere il rischiosissimo accostamento nella massima tranquillità, non di rado tra gli scherni dei difensori, convinti della deficitaria altezza della macchina. Senza contare che forti di tale presunzione non si preoccupavano minimamente di sopraelevare le mura. A ridosso della cortina, mentre numerosi serventi facevano ruotare i grandi cabestani di sollevamento, il torrino rapidamente si ergerva sulla torre madre. Raggiunta la quota degli spalti, tra la costernazione avvilita degli assediati, la sua ascesa proseguiva ulteriormente arrestandosi soltanto quando li sovrastava irrimediabil-

---

17 - Il brano è tratto da, *Tucidide*, a cura di P. Sgroj, Napoli 1968, vol. I, p. 170, corrispondente al Lib. II, 75 dell'opera.



12 - In questa stampa ottocentesca è illustrato l'espediente adottato dai Plateesi per neutralizzare le rampe e le torri d'assedio degli Spartani, consistente nel rialzare con una struttura lignea le mura urbiche.

mente. Svettando su tutte le fortificazioni nemiche notificava l'irreparabilità della situazione. Così al riguardo Flavio Vegezio:

> *"La parte del muro a cui la macchina tenta di accostarsi si rende più alta sopraelevandola con cemento e pietre, ovvero con malta e mattoni, oppure con tavole, al fine di non consentire che i difensori della città siano attaccati dall'alto.*
>
> *E' infatti sperimentato che si rende inefficace la macchina se è più bassa del muro; ma gli assedianti erano soliti usare questa finzione: all'inizio costruivano la torre in modo da apparire di altezza inferiore alle mura della città, successivamente fabbricavano di nascosto, nella parte interna, un'altra piccola torre e, allorché la macchina aderiva alle mura, immediatamente si traeva fuori per mezzo di funi e carrucole la torre piccola, da cui gli armati, uscendo, occupavano subito la città per il fatto che la macchina stessa era più alta."*(**18**).

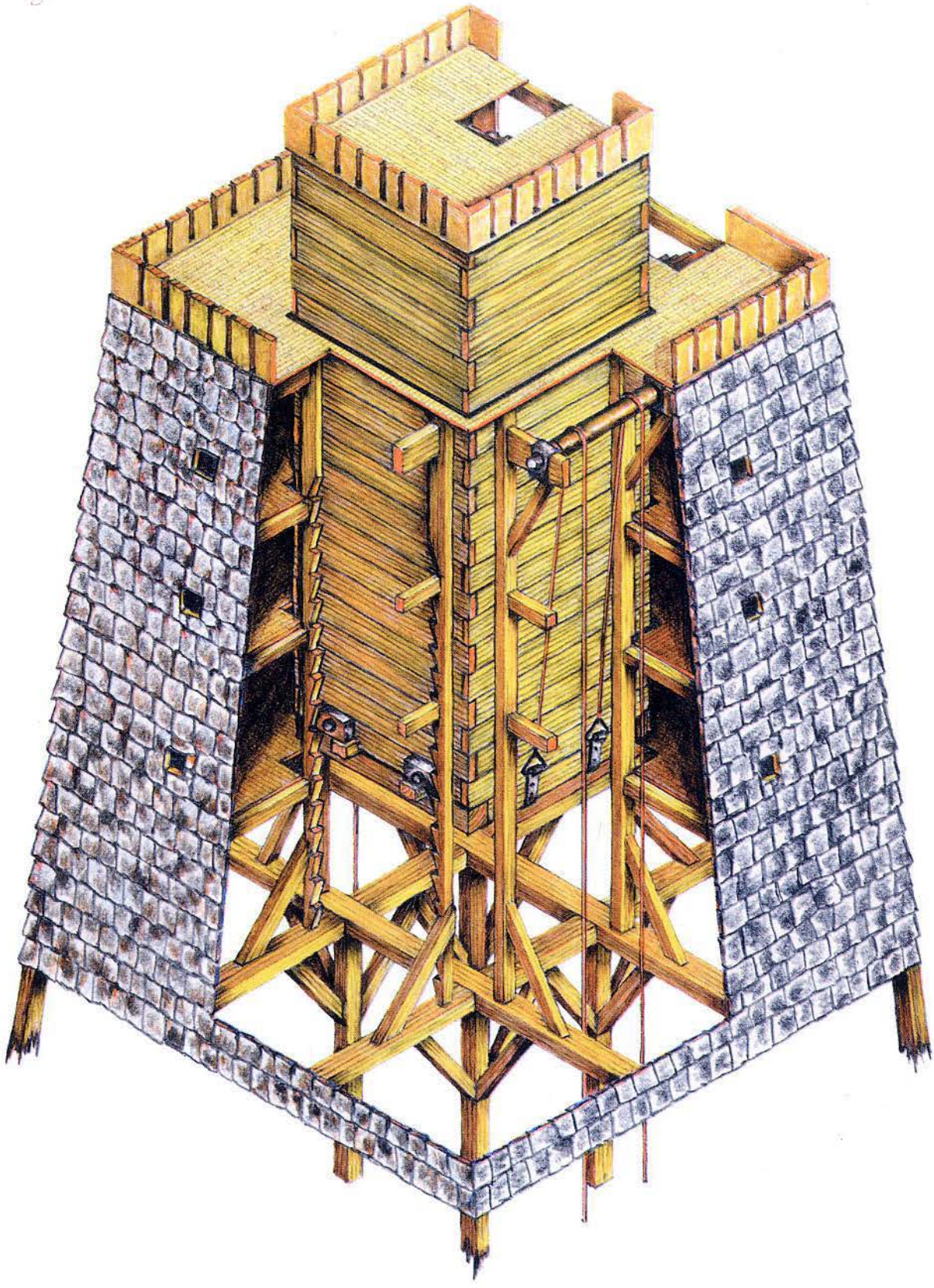
L'interpretazione tecnica di siffatta torre, non sembra costituire alcuna difficoltà, ad iniziare dalla configurazione parallelepipeda per il torrino, praticabile in quanto esente da rischi di rovesciamento. Il che permetteva di inserirlo tra quattro montanti, esattamente come una cabina di un ascensore nel relativo vano. Vincolando delle grosse gomene al di sotto della sua base, fattole quindi passare in apposite carrucole sospese in alto alle travi di copertura della torre madre, venivano ricondottole al grande cabestano di sollevamento. Ponendo in rotazione il suo albero si alavano lentamente le suddette gomene provocando così l'innalzamento del torrino con discreta velocità.

Per impedire micidiali abbattimenti dovuti a rottura delle gomene lungo i montanti dovevano essere disposte delle cremagliere lignee a dente di sega per arresto retrogrado: appositi arpioni mobili, simili a grossi nottolini a fulcro fisso, vi si impegnavano progressivamente, impedendo qualsiasi arretramento. Sotto l'aspetto dimensionale è presumibile che il torrino non eccedesse l'altezza di una decina di metri, con una superficie pari alla quarta parte della piattaforma sommitale delle torre madre.

Tornando alle torri meno sofisticate possiamo concludere che mura di una ventina di metri d'altezza potevano positivamente essere attaccate soltanto da torri di oltre trenta metri, caratteristica che implicava un congruo ampliamento della base delle stesse con conseguente lievitazione del loro tonnellaggio. I problemi derivanti dalla corsa al gigantismo finirono col divenire talmente complessi che la generazione più evoluta e potenziata di tali macchine non aveva in comune con quelle precedenti nemmeno il nome divenuto nel frattempo, ed a ragion veduta, quello di *elepoli*, come ricordato.

---

18 - La citazione è tratta da FLAVIO VEGEZIO RENATO, *L'arte...*, cit. , p. 168, corrispondente al lib. IV, cap. XIX.



IV - ELEPOLI con torrino telescopico.La ricostruzione grafica è limitata alla sola parte sommitale della stessa, essendo quella inferiore sostanzialmente identica alle torri tradizionali, od ai modelli più evoluti, esposti nelle successive tavole.

Modalità operative

Ovviamente macchine tanto grosse e pesanti non potevano, anche munendole di ruote di diversi metri di diametro avanzare su terreno naturale, quand'anche battuto, inadatto a sopportarne l'immensa pressione: indispensabili perciò piste accuratamente preparate. Allo scopo si adottarono, migliorandole, le remotissime rampe d'assalto. La procedura d'investimento con le elepoli assunse così scansioni e fasi canoniche perfettamente determinate e note, tanto che al loro solo profilarsi i difensori scatenavano un terribile tiro di sbarramento con qualsiasi arma. Nessuno, infatti, ignorava che se mai fossero giunte addosso alle mura per la città sarebbe stata la fine. Ricorda Flavio Vegezio:

> *"E' di incombente pericolo per la città se la torre è stata avvicinata alle mura, perché essa reca con se molte scale e preme con diverse modalità per entrare con forza. Infatti in basso reca l'ariete, il cui attacco disarticola le mura; intorno alla metà porta un ponte strutturato di due travi e circondato da vimini, che proteso improvvisamente si colloca tra la torre e le mura, sicchè i combattenti usciti dal suo corpo, passano su di esso ed invadono la cinta muraria.*
>
> *Nei ripiani superiori di siffatta torre si dispongono i picchieri e gli arcieri, che con le picche, con le armi provviste di asta e con i sassi opprimono i difensori.*
>
> *Dopo questa azione si sottomette la città rapidamente. Quale altro aiuto resta quando chi ripone fiducia nell'altezza delle mura si vede in breve tempo elevarsi al di sopra un più alto muro nemico?"*(**19**)

La consapevolezza dell'ineluttabilità della resa dopo l'accostamento delle elepoli se da un lato spronava i difensori a contrastarne in qualsiasi modo l'avvicinamento, dall'altro aizzava gli attaccanti a contromisure spesso di estrema crudeltà pur di non arrestarle. Tra queste senza dubbio la più comune era del tipo di quella messa in atto, nel 307 a.C., da Agatocle dinanzi ad Utica, allorquando: "... fatta costruire una torre, vi legò innanzi i prigionieri e la spinse contro le mura..."(**20**). L'espediente, quasi a voler ulteriormente ribadire la dipendenza culturale del Medioevo dai testi classici, trova una delle tante riproposizioni anche nel corso dell'assedio di Crema ad opera di Federico Barbarossa nel 1159, allorchè: "...terminato l'allestimento delle macchine d'approccio... l'amplissimo fossato... colmato per una buona metà... può avvicinarsi alle mura una grande torre d'assalto la cui marcia viene tenacemente ostacolata dal preciso tiro dei mezzi da lancio cremaschi. Federico cerca d'impedirlo facendo appendere all'enorme macchina gli ostaggi, ma i danni da essa subiti sono tali che è necessario riportarla indietro per rivestirla con una doppia protezione di vimini intrecciati, cuoi e panni di lana..."(**21**). La stessa procedura fu applicata pure dal nipote, Federico II, nell'assedio di Brescia nel 1239, quando:

---

19 - La citazione è tratta da FLAVIO VEGEZIO RENATO, *L'arte...*, cit., p. 166, corrispodente al lib. IV, cap. XVII.

20 - La citazione di Diodoro Siculo, XX, 54, 2, è tratta da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 233.

21 - Da A. SETTIA, *Comuni...*, cit., p. 263.

"...difendendosi valorosamente quei Cittadini dagli assalti de i Tedeschi, e ributtandogli con grave lor danno dalle mura; per la qual cosa sdegnato Federico fè comporre alcuni Castelli di legno, secondo l'uso di quei tempi, e facendogli condurre ad assalir le mura della Città, fece essi esporre i prigioni Bresciani, acciocché dalle armi, e da i sassi, che con le lor macchine traevano i difensori fossero miseramente uccisi: della qual crudeltà accortisi i Bresciani fecero il somigliante de i Soldati Imperiali lor prigionieri, ponendogli con le braccia aperte sospesi in su le mura, acciocché per le armi, e per li sassi delle macchine nemiche parimenti perissero... "(**22**).

Al di là della intuibile sorte degli ostaggi, simile ai quella dei loro disgraziati predecessori ad Utica, la torre in questione nonostante l'intervallo di oltre quindici secoli, appare di gran lunga più rudimentale grezza delle elepoli greche: basterebbe a confermarlo l'assenza di qualsiasi blindatura esterna. Quanto al rivestimento ignifugo, l'adozione di pelli fresche come soluzione per antonomasia, nei secoli successivi diverrà di prammatica. Ma ciò dipese non tanto dalla validità quanto piuttosto dalla sua facile praticabilità, potendosi rapidamente attuare in un contesto, quale appunto quello degli assedi, dove di animali macellati per le soldataglie dovevano contarsene a centinaia!

Tornando alla tattica di impiego delle elepoli, una accortezza notevole s'imponeva una volta esaurita la manovra d'accostamento. La grandiosa macchina doveva essere posizionata con estrema precisione, quasi centimetrica, essendo indispensabile che la sua distanza dalle mura non eccedesse la luce del 'corvo'. Dopo di che, molto verosimilmente col favore delle tenebre antecedenti l'assalto finale, gli assedianti vi prendevano posto in massa. Penetrati al suo interno ordinatamente, si distribuivano su ogni piattaforma, nascosti dal rivestimento di pelli. Sul far dell'alba, mentre nugoli di dardi scagliati senza sosta tenevano lontani dagli spalti i difensori, o meglio i pochi scampati ai micidiali proeitti delle artiglierie meccaniche della torre in avvicinamento, con un colpo di scure veniva recisa la fune di vincolo del ponte. Piombato sul parapetto vi si inchiodava saldamente configgendovi i rostri di cui era munita la sua estremità. A quel punto l'accesso alla sommità delle mura risultava libero. Sotto la copertura del tiro degli arcieri divenuto spasmodico, gli assalitori attraversavano fulmineamente la vertiginosa passerella affluendovi dalla retrostante piattaforma. Questa, a sua volta, continuava a costiparsi di nuovi assalitori che, in rapida sequenza, vi convergevano dal basso.

In pochi istanti centinaia di soldati si accalcavano sulle mura, dilagando inarrestabili lungo gli spalti occupando, una dopo l'altra, le torri delle cerchia ormai del tutto isolate. Nella maggioranza dei casi tale azione veniva condotta in punti diversi con più elepoli, con un terribile sincronismo: nessuna speranza di ulteriore resistenza organizzata. Emblematica, al riguardo, la conquista di Selinunte operata nel 409 da Annibale: "... la prima azione di guerra condotta da Annibale contro la città... fu diretta contro le mura: vediamo come la descrive Diodoro (XIII, 54, 7): «Egli oppose alle mura sei torri di eccezionali dimensioni e mandò avanti un ugual numero di arieti fasciati di ferro; inoltre, utilizzando in gran numero i suoi arcieri e i combattenti con la fionda, respinse i combattenti negli accampamenti». Mandando avanti le macchine da guerra assaltò quindi le mura che,

---

22 - Da F. CAPECELATRO, *Istoria della città, e regno di Napoli detto di Sicilia*, Napoli 1724, p. 213.

per i potenti colpi d'ariete, furono scosse abbastanza «mentre, data l'altezza delle torri d'assalto, gli assalitori uccisero molti Seleuntini» (Diod. XIII, 55, 67). Si desume da questo particolare che dette torri, che erano di legno, erano più alte delle mura come subito dopo conferma lo stesso Diodoro... "(**23**).

Caratteristiche strutturali e dimensionali

In precedenza si è accennato a torri alte una trentina di metri. Stando però alle fonti ne vennero costruite di molto più grandi, in alcuni casi persino superiori ai 50 m! Il dato, indubbiamente inusitato, specie se raffrontato a quello delle fortificazioni coeve di gran lunga più basse, non può semplicisticamente essere ascritto ad una esagerazione dei memorialisti o degli storici, non fosse altro che per la frequenza delle analogie e dei riscontri similari in teatri lontani nel tempo e nello spazio.

Cronologicamente siffatte segnalazioni iniziano a manifestarsi dal V secolo a.C. per intensificarsi enormemente in quello successivo. Pertanto: "...questa fine del V secolo e questo inizio del IV segnano certamente una svolta importante verso tecniche infinitamente più raffinate, più avanzate, più ponderate, per non dire più scientifiche. I risultati dell'evoluzione in atto non si fecero attendere... In quest'epoca la Grecia ha certamente attinto parte della propria meccanica bellica da altri popoli. Gli orientali erano riconosciuti come maestri nella poliorcetica... L'ispirazione a macchine belliche della Sicilia è in verità altrettanto plausibile. I primi che paiono essersi creati un grande parco di macchine d'assedio furono i cartaginesi. Per assediare Selinunte, i cartaginesi avevano infatti importato e montato macchine d'assedio in quantità considerevole... [in particolare] torri... di altezza superiore a quella delle più grandi sino ad allora conosciute ... [ed] arieti a testa di ferro che erano stati trasportati all'uopo... Alcune narrazioni molto animate ci illustrano i preparativi, di qualche anno posteriori, del tiranno Dionigi il Vecchio e dei suoi alleati contro i cartaginesi. Si era probabilmente compresa l'importanza delle macchine da guerra e si cercava di allargarne la fabbricazione e la diffusione... Un armamento considerevole era stato dunque costituito, si può supporre, attraverso utili confronti fra tutti i modelli realizzati. Tutto questo arsenale fu diretto contro la città di Mozia. E' interessante notare che Dionigi, quando arrivò sotto la città nemica, ne esaminò le difese 'con i suoi architetti'. L'assedio non è più solamente un atto di valore, di impeto e di assalto. Si tratta ormai di un problema tecnico..."(**24**).

In particolare sappiamo che proprio a Mozia (**25**) nel 397 a.C., Dionisio il Vecchio

---

23 - Da V. TUSA, *Selinunte: la cinta dell'acropoli*, in *La fortification dans l'histoire du monde grec*, in *Atti del Colloquio Internazionale di Valbonne*, dicembre 1982, Parigi 1986, p. 116.

24 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 173.

25 - Una sintetica esposizione delle caratteristiche dimensionali dei ruderi delle fortificazioni di Mozia è fornita da A. CIASCA, *Fortificazioni di Mozia (Sicilia). Dati tecnici e proposta di periodizzazione*, in *Atti...*, cit., pp. 221-227.

fece avanzare su di una apposita rampa d'assalto, una torre suddivisa internamente in sei piani in modo che la sua piattaforma sommitale sovrastasse ampiamente le case della città assediata. Munì il congegno di passerelle volanti del tipo dei *corvi*, ovvero ponti mobili manovrati con verricelli con luci di oltre 6 m. Loro tramite era possibile perciò irrompere, scavalcando gli spalti direttamente sul tetto delle abitazioni edificate a ridosso delle mura, penetrando così nella città. Significativamente nel periodo storico successivo fu sempre, senza alcuna deroga, interdetta la costipazione delle mura da parte dell'edilizia residenziale, risapendosene, per abbondanza di esempi, le drammatiche conseguenze derivanti dalla violazione della saggia disposizione. I Romani, per eliminare qualsiasi dubbio in materia, giunsero a dichiarare sacra la fascia di terreno immediatamente antistante e retrostante la cerchia. Se mai ve ne fosse bisogno, un ennesimo indicatore dell'imbarbarimento della società altomedievale si coglie proprio nella scomparsa di questa precauzione. Non solo venne auspicata l'intima connessione tra mura urbiche e le case private, ma si incentivò addirittura la costruzione di abitazioni lungo il ciglio tattico dell'altura d'impianto in luogo di quelle. Si presumeva, infatti, che unendole fra loro non solo si sarebbe risparmiato l'ingente onere della fortificazione ma ogni cittadino difendendo la propria casa avrebbe finito col difendere un segmento della cerchia!

Per tornare alle macchine d'assedio ed ai loro ideatori e costruttori: "...non abbiamo i nomi di coloro che si trovavano al servizio di Dionigi il Vecchio, ma è possibile che questi personaggi abbiano circolato per il mondo greco e appreso il loro mestiere in un continuo confronto con gli antichi maestri.

Le campagne di Filippo e di Alessandro permisero di concretizzare e di perfezionare tutta questa tecnica bellica in parte nuova, di cui gli storici hanno fatto menzione. Più ancora alcune scuole paiono formarsi in questo periodo e gli ingegneri più celebri si vedono presto circondati da allievi che si disputano l'insegnamento del maestro e sognano propri successi. Polido di Tessaglia fu l'ingegnere di Filippo il Macedone. I suoi successori lo descrivono come uomo di talento, dato questo che, peraltro, non sminuisce le vittorie del suo sovrano. Avrebbe in particolare perfezionato l'impiego dell'ariete... con risultati lusinghieri..."(**26**). Per restare ancora a Filippo il Macedone, sappiamo che nel 340 a.C. fece approntare torri ambulatorie alte circa 37 m. Esse superavano di gran lunga l'altezza delle mura urbiche di Perinto investite dal suo assedio. Tanta prevalenza non deve ritenersi uno sterile sfoggio di risorse, economiche e tecniche, o peggio una deprecabile conseguenza di un approssimato dimensionamento verticale ma una peculiarità scrupolosamente perseguita. Suo tramite, infatti, non solo era possibile tenere sotto tiro in maniera ottimale interi settori degli spalti assediati, come già precisato, ma grazie al forte dislivello rendeva gli arcieri attaccanti assolutamente invulnerabili, pienamente defilati dietro il parapetto dell'elepoli. In pratica con macchine di simili dimensioni la dinamica dell'attacco s'invertiva per cui gli assedianti che avrebbero dovuto ritrovarsi inermi ai piedi delle mura, bersagliati dagli assediati, tenevano invece questi ultimi sotto le micidiali traiettorie dei loro

---

26 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 175.

dardi, costringendoli, nella maggior parte dei casi, a disertare il posto assegnatogli per la violenza ed il volume dei tiri. Ricordava al riguardo Flavio Giuseppe che nel corso dell'assedio di Gerusalemme:

> *"Tito accostò l'elepoli alla torre di mezzo del muro settentrionale, sulla quale... tutti erano stati costretti a ritirarsi dal tiro degli arcieri..."*(**27**).

Una indiretta testimonianza della letalità di tale tattica offensiva la si può cogliere osservando che proprio intorno alla metà del IV secolo a.C. le cortine delle città greche cominciarono ad ostentare una robusta copertura continua, che ne rendeva il coronamento simile ad un interminabile loggiato medievale. Infatti, tale tettoia, a spiovente unico verso l'esterno, fu collocata al di sopra degli spalti lungo l'intero perimetro del cammino di ronda, interrotta soltanto dal corpo delle torri. La sua funzione, ovviamente non consisteva nel riparare i difensori dalle intemperie ma, appunto, dai dardi ficcanti scagliati dalle elepoli. Il rimedio, però, suggerì pochi anni dopo agli assedianti di incrementare il calibro delle loro artiglierie meccaniche. Dirigendone accortamente il tiro parabolico si facevano piombare le loro grosse palle di pietra sopra le tettoie, schiantandole inesorabilmente.

La cooperazione dei tecnici alla guerra ossidionale positivamente intrapresa da Filippo il Macedone, trovò ulteriore sviluppo con il figlio Alessandro Magno. Il rapporto risulta pure meglio documentato dalle fonti, tant'è che sappiamo di due allievi di Polido di Tessaglia: "...Diade e Caria... [i quali] furono gli ingegneri di Alessandro il Grande. Avevano tutti e due appreso il loro mestiere accanto a Polido. Ateneo, nel I secolo, conosceva ancora il trattato sulle macchine da guerra scritto da Diade e che non ci è giunto. In questo trattato Diade proclamava se stesso inventore delle torri mobili e delle macchine belliche conosciute sotto il nome di trapano, di corvo e di ponte volante. Impiegò forse anche l'ariete montato su ruote. In ogni caso ne fornisce la descrizione. E' dal solo Ateneo, che si accontenta di epitomare il suo predecessore, che traiamo tutte le informazioni che abbiamo sulle macchine di Diade.

Le più piccole torri mobili avevano un'altezza di sessanta cubiti (m 27.72) e una base quadrata di 17 cubiti quadrati (circa 64 metri quadrati). Queste torri avevano dieci piani, e il piano più alto aveva una superficie pari a un quinto della superficie di base. Altre torri di novanta cubiti di altezza (m 41.60) avevano quindici piani, altre, infine, le più alte, raggiungevano i centoventiquattro cubiti (m 57.30) ed erano a venti piani, con un lato di base di ventitre cubiti e mezzo (m 10.86). Su queste torri ciascun piano era circondato da un cammino di ronda di tre cubiti di larghezza, per facilitare il soccorso in caso d'incendio. Queste torri erano a sei o otto ruote, a causa della loro considerevole mole. L'altezza fra i piani andava diminuendo via via che le dimensioni di questi si riducevano. Si aveva cura di conservare, nella costruzione di queste macchine, sempre le stesse proporzioni nelle dimensioni e nei materiali impiegati, nelle torri di differente altezza..."(**28**).

---

27 - La citazione è tratta da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra giudaica*, a cura di G. Vitucci, Verona 1978, vol. II, p. 243, corrispondente a V, 7, 4.

28 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 175.

Da quanto appena citato risulta evidente che l'altezza delle torri doveva costituirne la primaria peculiarità bellica. Tornando, infatti, alla loro tattica offensiva può ravvisarsi nella procedura impostata sull'assoluto predominio verticale la medesima logica che nel tardo medioevo portò alla costruzione ed alla proliferazione di torri gentilizie smisuratamente elevate. Quelle vertiginose fortificazioni private eccedevano, senza alcun'ombra di dubbio, anche le più esasperate esigenze della difesa piombante, inducendo a reputarle esito di una smodata ambizione o di un esasperato orgoglio. In realtà, sebbene entrambe le motivazioni fossero all'epoca tutt'altro che trascurabili, da sole, però, non sarebbero bastate a giustificare l'enormità dei costi e le difficoltà tecniche connesse con l'erezione di torri del genere. La vera motivazione va ricercata nella capacità delle stesse, proprio perché tanto prevalenti, di tenere sotto tiro il dedalo di vicoli dell'intera città, reticolo viario precipuo della coeva urbanistica. La prassi appare esattamente uguale a quella che, secoli dopo, si perseguirà impiegando gli elicotteri d'attacco, dai quali a bassa quota, ed in volo stazionario, è possibile soffocare episodi di guerriglia urbana, restando sempre invulnerabili.

13 - Bologna, la vertiginosa torre degli Asinelli: dalla sua sommità era possibile tenere sotto tiro di balestra un raggio di 150 m dal suo piede, con un'inclinazione di penetrazione il cui valore minimo era il 100%. Il controtiro non solo riusciva impossibile per l'eccessiva altezza, ma anche per l'assoluto defilamento dei difensori.

Va ribadito tuttavia che altezze tanto esagerate ponevano eccezionali problemi di stabilità alle torri ambulatorie sia di tipo statico, per gli eccessivi pesi delle strutture e soprattutto delle blindature con piastre di ferro, sia dinamici essendo comunque destinate ad avanzare su assi e ruote. Considerando inoltre che il loro avvicinamento avrebbe dovuto compiersi, almeno in teoria, su terreni naturali, spesso di riporto come nel caso delle rampe o dei riempimenti dei fossati, la perfetta valutazione dei carichi diveniva una determinante. Agevole intuire l'ossessiva ricerca della riduzione non tanto dei pesi complessivi, di fatto impraticabile, ma delle pressioni unitarie, incrementando il numero delle

14 - Bologna, torre della Garisenda, originariamente di altezza simile alla precedente ed in seguito cimata per evidenti cedimenti in fondazione. Solo equiparando l'altezza della torre nemica si poteva sperare di colpirne i difensori.

ruote, il relativo diametro e la superficie di appoggio al suolo. Ma ruote siffatte implicano potenze motrici considerevoli, dato che trova, del resto, una puntuale conferma nell'enorme numero di uomini impiegati per trainarle, o più esattamente per spingerle, non di rado ammontante a diverse migliaia.

Prescindendo dallo spazio che tanti serventi richiedevano, specie se posizionati alle spalle delle elepoli, va osservato che la loro azione poteva svolgersi con relativa sicurezza soltanto fino ad distanza eccedente i 300 m dalle mura. Al di sotto di quel limite si entrava nel raggio di tiro delle artiglierie meccaniche della difesa posizionate sulle torri e sulle mura, collocazione che ne accentuava ulteriormente la gittata. Intuibili le conseguenze, quando la maggioranza dei serventi non trovava più schermatura dietro la torre! Certamente si costrinsero dei disgraziati prigionieri di guerra, ogni volta che fosse stato possibile disporne a sufficienza, a quella spossante e micidiale fatica, ben sapendo che la loro sorte in sostanza non differiva dai menzionati ostaggi, ma non per questo il problema scompariva. Bersagliando quel vulnerabilissimo quanto delicato motore se ne inceppava il funzionamento col rischio, temutissimo, di ritrovarsi con la torre immobile a ridosso delle difese nemiche abbandonata, perciò, alle sue prevedibili sortite. E di contrattacchi di assediati conclusisi con l'incendio di torri, prive di adeguate protezioni ignifughe sui fianchi ed alle spalle, la storia trabocca. D'altra parte rivestirle di piastre di ferro creò, almeno inizialmente, problemi di peso e di equilibrio di improba soluzione.

E, senza dubbio, proprio per incrementare la stabilità verticale delle torri ambulatorie, sempre critica poiché l'avvicinamento avveniva nella stragrande maggioranza dei casi su rampe a discreta pendenza, si ricorse a numerose accortezze.Di tutte la più vistosa consistette nel configurarle notevolmente rastremate dal basso verso l'alto. Ne derivò un volume troncopiramidale dalle facce laterali molto oblique. La disposizione, tuttavia, di per se non bastava a scongiurare il ribaltamento, staticamente riconducibile all'uscita della verticale del baricentro dal perimetro di base: e tale iattura in torri spesso alte anche più di 40 m poteva verificarsi con temibile frequenza. Difficile stabilire se i tecnici dell'epoca disponessero, sia pure in maniera rudimentale, delle basilari nozioni di fisica atte a garantire la stabilità delle elepoli. Forse un dato almeno doveva essere empiricamente acquisito dopo tante cadute: concentrare al massimo i pesi alla quota più bassa. E che tale accorgimento scaturisse da una ponderata valutazione e non da una casuale coincidenza, basterebbero a dimostrarlo le grosse riserve di acqua installate nelle elepoli più sofisticate. La precauzione, resa tassativa dagli altissimi rischi di combustione, che una struttura scatolata di legno così alta correva continuamente nella fase di impiego, consistette nel munire le elepoli di cospicui serbatoi dai quali attingere al minimo principio d'incendio.

Pur risapendosi perfettamente che posizionandoli sulle piattaforme superiori in condizioni d'emergenza la conduzione dell'acqua sarebbe potuta avvenire rapidamente ed in grandi quantità, si preferì, invece, sempre ubicarli alla base della macchina, proprio per abbassarne il baricentro. L'estinzione eventuale delle fiamme ne avrebbe certamente sofferto ma la stabilità dell'elepoli, altrettanto certamente, guadagnato. Alla stessa conclusione induce, peraltro, lo scrupolo con il quale si riducevano le dimensioni delle numerose artiglierie meccaniche di bordo al crescere della quota d'impianto. Esattamente come accadrà quasi due millenni dopo con i cannoni dei vascelli di linea, i calibri maggiori stavano piazzati sui ponti più bassi mentre i più modesti nella batteria di coperta.

Curiosamente l'intera concezione di quelle grandi macchine riecheggia competenze di carpenteria tipiche dell'ambito delle costruzioni navali. Significativamente, per restare alla concentrazione dei carichi in basso, in tutti i cantieri del Mediterraneo si sapeva già da secoli che la stabilità di una grossa imbarcazione dipendeva dalla quantità di zavorra che si depositava sulla chiglia, e dell'incrementarsi del rollio e del beccheggio quando la stessa risultava insufficiente. Logico pertanto supporre che anche i componenti della squadra d'assalto potessero accedere in massa sulle piattaforme superiori soltanto ad accostamento concluso, per non variare il baricentro.

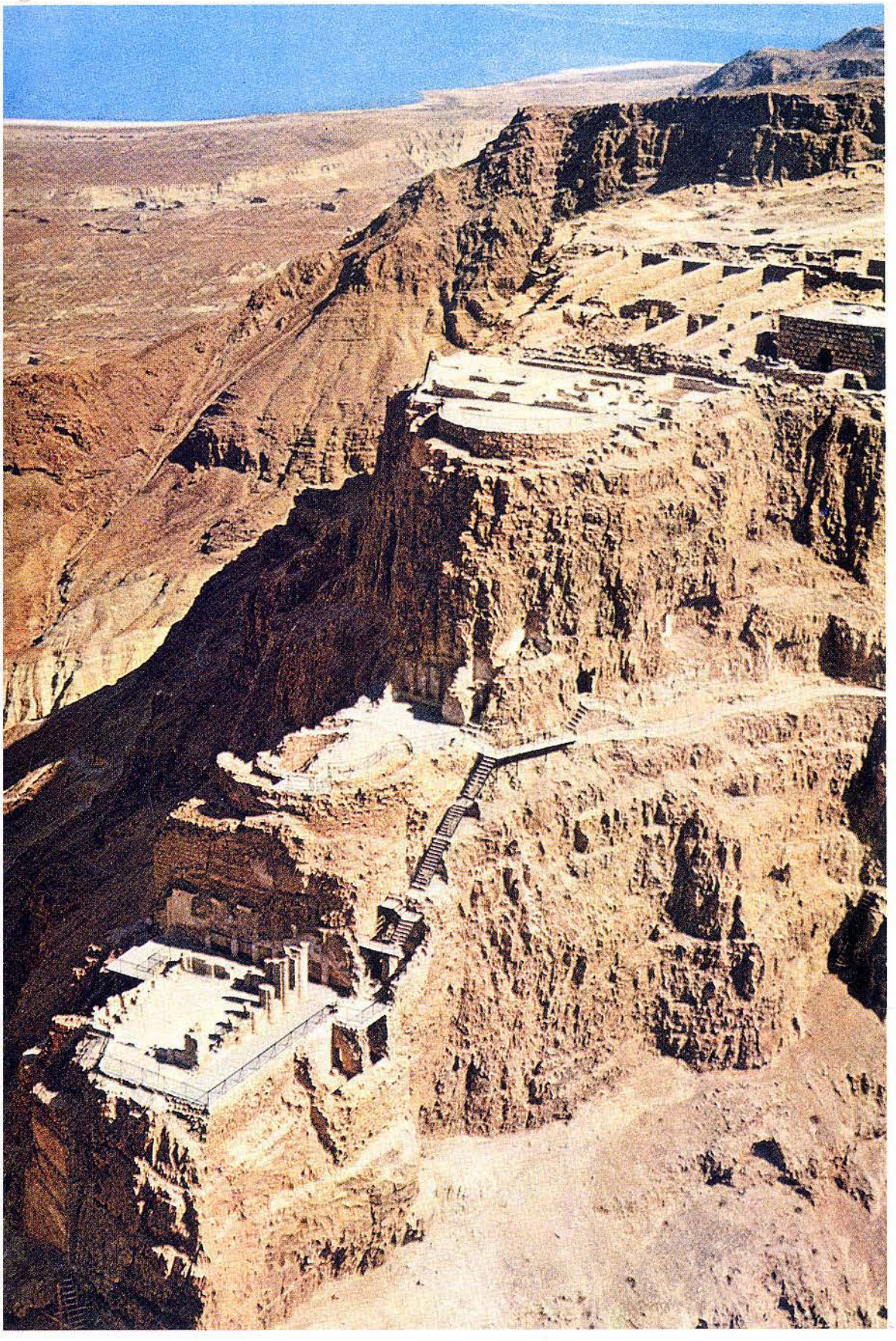
Tenendo perciò conto della ricordata rastremazione verticale è plausibile reputare che tra i complessi e mastodontici congegni per l'autolocomozione delle elepoli, le possenti travate del telaio di base, la riserva d'acqua, l'ingentissimo numero di serventi impiegati quale forza motrice, le numerose munizioni e le potenti artiglierie meccaniche il baricentro di quelle colossali costruzioni ambulanti non eccedesse la decina di metri di altezza. Il che consentiva alle stesse di sopportare, con discreta tranquillità, escursioni dalla verticale, in qualsiasi direzione, persino superiori alla trentina di gradi, ovvero pendenze di circa il 70%! Ma se un angolo tanto consistente riusciva ancora compatibile con l'avanzamento della macchina, o per lo meno non ostativo, non risultava affatto tale ai fini della sua operatività una volta a ridosso delle mura.

Anche a voler trascurare il problema di far stazionare stabilmente una massa così ingente su di una superficie molto inclinata, riusciva del tutto impossibile manovrarne i *corvi*, o perché di luce insufficiente o perché inadatti a ruotare in un piano non verticale. Altrettanto impraticabile l'impiego delle artiglierie, capaci di compensare soltanto lievissime carenze di orizzontalità nella direzione di lancio. Logico perciò supporre che alla sommità delle rampe si ricavassero in previsione dell'arrivo dell'elepoli apposite piazzole orizzontali dove la stessa si sarebbe dovuta ancorare prima di avviare la sua fase offensiva. Ad una finalità del genere sembrano potersi ascrivere i ruderi che si scorgono sulla sommità di una rampa rinvenuta in Giudea, a Masada, eretta dai Romani pochi anni dopo l'espugnazione di Gerusalemme. Qui sulla: "...sommità dell'*agger* lungo 205 metri ed alto 91, costruito nel 73 d.C. dai romani, in mezzo ai blocchi di calcare sono ancora al loro posto le travi della piattaforma sulla quale poggiava una torre d'assedio."(**29**).

---

29 - Da Y. GARLAN, *Guerra e società nel mondo antico*, Imola 1985, p. 179.

15 - *(Nella pagina a fianco)* I ruderi della fortezza di Masada: ben evidente la posizione fortemente arroccata delle mitica cittadella fatta costruire da Erode. Ai suoi piedi il deserto, con le tracce ancora perfettamente visibili di due accampamenti della *X Legio, Fretensis*, comandata da Flavio Silva, che condusse l'assedio.



La stupefacente realizzazione faceva parte dei colossali prodromi per l'investimento di Masada, mitica fortezza affacciata sul deserto nella quale si era asserragliato un pugno di Ebrei. Tra le sue mura, ritenute fino ad allora imprendibili, i disperati guerrieri di Eleazar, con le rispettive famiglie, resistettero per mesi presumendo una inevitabile desistenza nemica.

Non mancavano, infine, torri d'assedio galleggianti, ovvero erette su appositi pontoni, destinate ad accostare le fortificazioni del fronte a mare, nell'antichità sempre meno poderose di quelle verso terra. La loro manovra, grazie alla spinta di galleggiamento ed alla orizzontalità dell'acqua, doveva riuscire di gran lunga più agevole e rapida, con minori minacce nemiche, e minori rischi, primo fra tutti quello d'incendio.

16 - Terlizzi, Ba: processione della Madonna di Soverato. Il carro ha un'altezza di circa 30 m, ed è poggiato su quattro ruote di legno a raggi con cerchioni di ferro. L'avantreno è direzionabile tramite un timone: alla sua manovra provvedono, infatti, 4 timonieri diretti da un capotimoniere.

Un'ultima significativa osservazione riguardo alla struttura che almeno le torri più elementari dovettero avere la si può fare ricordando che in molte odierne processioni, per lo più di istituzione medievale, squadre di portatori si cimentano al limite dello spasimo per il traino di altissimi e pesantissimi carri. Questi, sono tali solo di nome essendo in pratica delle costruzioni a predominante sviluppo verticale: non di rado eccedono, infatti, la trentina di metri. Possono, pertanto, riguardarsi motivatamente come gli estremi epigoni di quelle ormai remote macchine belliche, decadute o riciclate a semplice elemento scenografico o ludico, nonché, per l'immane fatica richiesta, a parentesi penitenziale. La loro vertiginosa altezza non mira certamente ad espugnare una munita cittadella ma molto più ingenuamente solo ad avvicinare di qualche metro il fedele al cielo.

Le elepoli semoventi

Fin qui abbiamo, sia pur per linee generali, esaminato le peculiarità salienti delle torri ambulatorie, integrandole con alquante osservazioni sulle modalità di impiego delle stesse.Tuttavia essendo la pubblicazione inerente alle antiche artiglierie meccaniche dobbiamo focalizzare l'attenzione esclusivamente sul tipo più complesso per il suo ridondante armamento balistico ovvero sull'elepoli. Per tale peculiarità sarebbe coerente definirla piuttosto batteria corazzata semovente, o carro d'assalto, riconducendola così al tema precipuo della ricerca. E che la potenzialità di agire attivamente tramite il tiro delle sue artiglierie non fosse affatto reputata una prestazione marginale lo dimostra l'adozione da parte romana anche per siffatta macchina del: "...nome generico di *tormentum*... L'etimologia di *tormentum*, da *torquer*, rivela però il carattere fondamentale di... macchine, basate sulla *torsione*..."(**30**). In pratica l'intera macchina finì per prendere il nome dal suo armamento, o per meglio dire dalle matasse elastiche che ne costituivano la connotazione più caratteristica ed esclusiva, innegabile conferma della supposizione. Il che contribuì a cancellare il criterio informatore originario delle elepoli, ben più articolato e rivoluzionario.

Per restare ancora alle osservazioni linguistiche, occorre ribadire che nella stragrande maggioranza degli autori, coevi o di poco successivi al loro massimo impiego, non si percepisce una netta differenziazione tra le generiche torri d'assedio, più correttamente definite ambulatorie, e le elepoli propriamente dette. Per rintracciare una sistematica puntualizzazione al riguardo occorre risalire ai trattati originali dei tecnici incaricati di progettarle e di costruirle. Nelle loro pagine risulta innegabile che le elepoli si discostavano dalle tradizionali torri, in sostanza rudimentali ponteggi ambulanti, per la nutrita serie di novità tecnologiche di cui vennero dotate. Di queste la più stupefacente, almeno per l'epoca, fu senza dubbio il suo apparato motore, seguito dai dispositivi di guida e di protezione passiva, oltre ovviamente all'altezza ed all'armamento. Caratteristiche che, quand'anche variamente compresenti, fecero dell'elepoli la macchina da guerra 'comple-

---

30 - Da C. MONTU', *Storia dell'artiglieria italiana*, Roma 1932, vol. I, p. 32.

ta' per antonomasia, in quanto capace di assolvere da sola tutte le funzioni degli altri congegni ossidionali meccanici.

La modernità della concezione appare indubbia ribadendo, come accennato all'inizio del capitolo, che quelle enormi macchine preconizzavano le prestazioni fondamentali di un moderno carro armato. Per meglio evidenziare il concetto basti ricordare che le migliori elepoli disponevano di una pesante blindatura, costituita di piastre di ferro, di un variegato schieramento di artiglierie meccaniche posizionate dietro opportune feritoie, nonché di una discreta autonomia di spostamento conseguita tramite un apparato motore interno –ovviamente ad energia animale (**31**)- con relativa catena cinematica a demoltiplicazione per trasmissione su tutte le ruote. E, dettaglio ancora più complicato ed avanzato, disponevano pure di un congegno che consentiva di cambiare la direzione di marcia, agendo su l'intero treno di rotolamento, previo comando da una apposita cabina di pilotaggio. Quanto all'equipaggio, non di rado di qualche migliaio di uomini, risulta ripartito come quello delle navi sui vari ponti: alla base i serventi meccanici, sui sovrastanti piani gli artiglieri ed, al momento dell'assalto, sulla piattaforma dei corvi i guerrieri e su quella di copertura gli arcieri provetti.

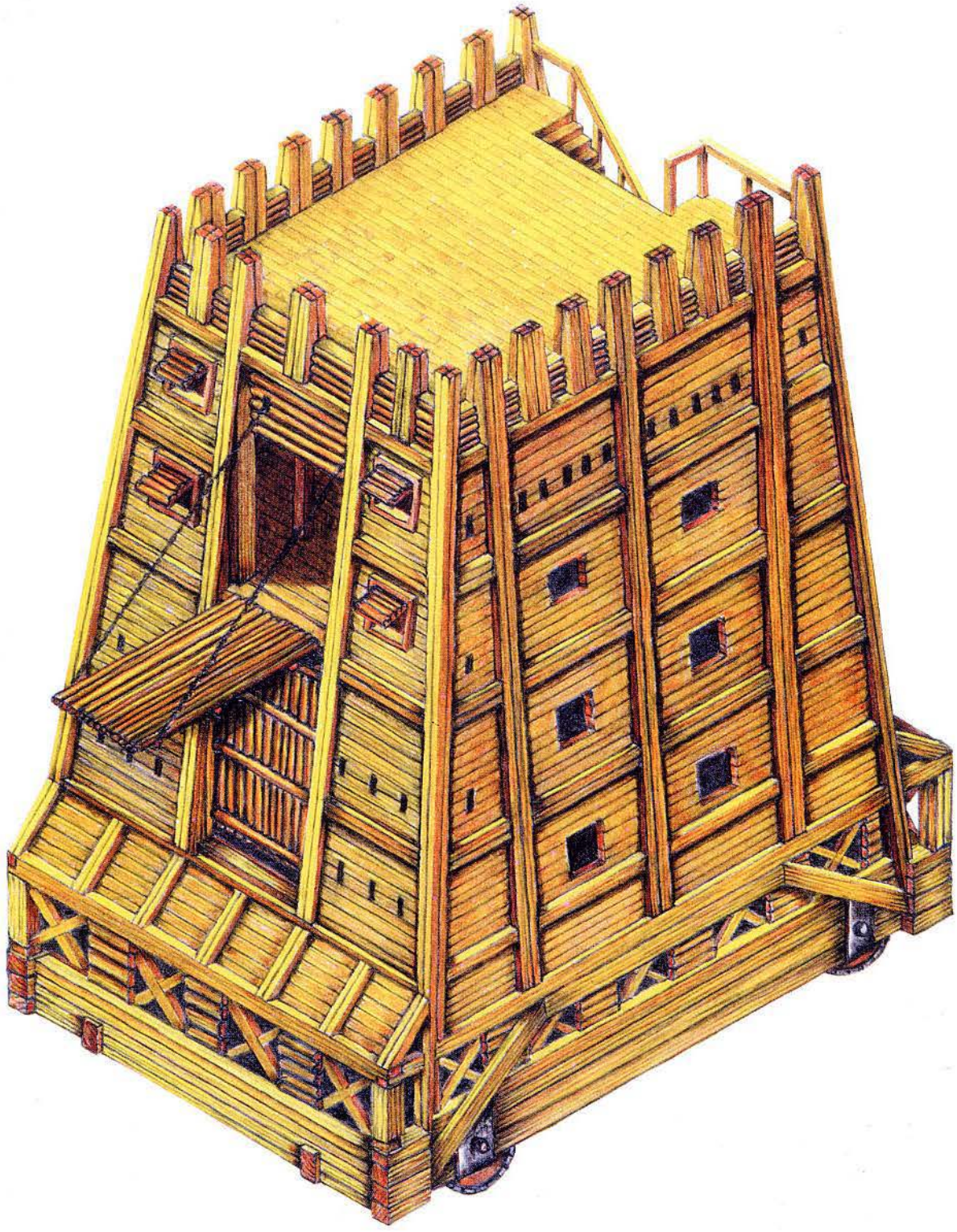
Una macchina quindi estremamente complessa una sorta di corazzata terrestre, od appunto un mastodontico antesignano carro armato. Potrebbe, pertanto, giustamente applicarsi nei suoi confronti quanto affermato per quest'ultimo, ovvero che: "...esprime tutto: potenza di fuoco, mobilità, versatilità d'impiego, ma non fa vedere, soprattutto quando è mimetizzato o infangato, quanta applicazione e quanta tecnologia siano state necessarie allo sviluppo dei suoi componenti..."(**32**).

Cronologicamente la svolta memorabile che determinò l'evolversi delle ingenue torri ambulatorie nelle più sofisticate elepoli si può far coincidere con l'adozione di sistemi di autolocomozione. E ciò avvenne, per quanto è possibile dedurre dalle fonti, intorno alla fine del IV secolo a.C. In particolare, per citare alcuni esempi memorabili, stando a Bitone, il macedone Posidonio durante il regno di Alessandro, costruì un'elepoli alta 50 piedi, circa 15 m. Di dimensioni non rilevanti fu assemblata completamente in legno, senza alcuna blindatura di metallo, come pure di rivestimento ignifugo di graticci verdi o pelli fresche. Una cura particolare la riservò alla selezione dei legni destinando quelli pesanti e di maggiore durezza alle nervature portanti ed alle travate degli impalcati, mentre il pino e l'abete fornirono i tavolati di tamponatura e di impalcato. Ed ancora di quercia e di frassino le ruote rivestite di pesanti piastre di ferro.

---

31 - Precisa sull'argomento F. BRAUDEL, *Le strutture del quotidiano*, Torino 1982, p. 311: "L'uomo con i suoi muscoli costituisce un motore mediocre. Misurata in cavalli vapori (75 chilogrammi a un metro di altezza in un secondo), la sua potenza è irrisoria... Nel 1739 Forest de Belidor sosteneva che erano necessari sette uomini per compiere il lavorio di traino di un solo cavallo... [Tuttavia] questo insignificante motore, sempre dotato di grande adattabilità, sa aumentare la propria forza bruta. L'uomo dispone di attrezzi, alcuni fin dai tempi più lontani -martello, ascia, sega, tenaglia, vanga- e di motori elementari che anima con la propria forza: trapano, argano, puleggia, gru, martinetto, leva, pedale, manovella, tornio...". E tutte le macchine elementari appena elencate, tranne la manovella, rientravano nei congegni di cui erano dotate le elepoli.

32 - Da Atto unico europeo e industria italiana per la Difesa, rapporto di ricerca Ce. Mi. SS., *Dietro un carro armato*, in *Esercito...*, cit., p. 105.



V - ELEPOLI di Posidonio in una probabile ricostruzione grafica.Le sue dimensioni risultano alquanto modeste: alta circa 15 m, fu costruita interamente in legno, senza alcuna blindatura metallica. Munita di un robusto telaio di base, poggiava su quattro grandi ruote, di legno massiccio, serrato da piastre di ferro battuto a freddo.In base alle fonti di cui disponiamo fu la prima elepoli semovente.

In definitiva, per la verità, nulla di eccezionale: se mai la torre spicca per la sua modesta altezza. Dove invece si discosta dalla tradizionale connotazione è nel meccanismo adottato, forse per la prima volta, per la sua autolocomozione soluzione che da allora, costantemente perfezionata e potenziata, divenne la vera peculiarità distintiva delle elepoli.Il che finì per farla assurgere nella memoria storica ad una sorta di leggenda meccanica, perpetuatasi fino alle soglie dell'età moderna.

Stando però ad altri studiosi l'invenzione dell'elepoli deve ascriversi ad Epimaco l'Ateniese, ingegnere di Demetrio Poliorcete, nipote di Alessandro Magno, nel corso dell'assedio di Rodi. Lo stupore suscitato da quella mostruosa macchina alta oltre 40 m fu tale che tutti gli storici dell'antichità ne hanno tramandato più o meno pedantemente le caratteristiche, che esamineremo dettagliatamente in seguito. Tuttavia il colosso proprio perché così imponente e complesso deve reputarsi una fase conclusiva, un vertice dell'ingegno, e non certo un debutto, non riscontrandosi peraltro in seguito nulla, se non di superiore, persino di equivalente.

La ricordata complessità delle grandi elepoli semoventi determinò indubbiamente una proliferazione di descrizioni e di testimonianze, in tanti casi interamente pervenuteci. Ma, purtroppo, la suggestione dell'argomento istigò anche l'interessamento degli storici e letterati, per cui la maggior parte delle suddette descrizioni vennero redatte da uomini senza dubbio eruditi ma assolutamente incompetenti di meccanica, disciplina vilmente manuale e pratica. La conseguenza fu l'estrema imprecisione ed approssimazione delle relative narrazioni, causa spesso soltanto di confusione e d'incredulità. Pertanto, non essendo praticabile la tradizionale analisi documentaria, occorre procedere basandosi sulla dispersa trattatistica tecnica, integrandola con deduzioni sorrette dalla costanza delle leggi della meccanica e della cinematica. Ed ancora una volta occorre ribadire che un approfondimento siffatto tende a formulare plausibili deduzioni, confortate dalla storia, dai reperti iconografici e, soprattutto, dalla stringente logica tecnica, piuttosto che assurde certezze.

Fatto salvo quanto premesso, l'analisi tecnica delle fonti inerenti alle prestazioni dinamiche delle elepoli semoventi ha fornito una serie di dati coerenti, che consentono la rappresentazione grafica dei più verosimili apparati motori e dei relativi sistemi di trasmissione. Le tavole sono state volutamente redatte con effetti raffigurativi per garantire la massima comprensibilità delle ipotetiche soluzioni meccaniche e cinematiche anche ai lettori di estrazione umanistica. Si tratta comunque di elaborazioni teoriche certamente congrue alla tecnologia coeva ed ai principi costanti della fisica, ma inevitabilmente soggettive. Nonostante tale limite il risultato prospettato si conferma il più idoneo per le prestazioni specifiche senza avventate elucubrazioni. Sempre per il medesimo scopo la mobilità operativa e la composizione strutturale di una elepoli semovente e dirigibile sono state dettagliatamente analizzate, integrandole con immagini e ricostruzioni tridimensionali. L'approfondimento suddetto prende l'avvio dalla immancabile pista indispensabile per l'accostamento delle elepoli. Soltanto sulla sua solida superficie, infatti, le grandi ruote non rischiavano di sprofondare nel soffice terreno. Ovunque possibile l'esposizione sarà confrontata, a ulteriore riscontro, con i brani delle fonti strettamente attinenti.

Analisi funzionale e strutturale delle elepoli semoventi

Rampe d'assedio

L'impiego delle grandi elepoli semoventi implicava un percorso di avvicinamento alle fortificazioni possibile soltanto su apposite piste accuratamente preparate. Assurdo supporre una manovra su fondo naturale, esercitando le loro ruote pressioni altissime. Senza contare che dovendo necessariamente collocarsi a pochi metri dalle cortine, si rendeva indispensabile portarle a stazionare proprio sul materiale di riporto impiegato per colmare il fossato. Ovvio pertanto che solo adottando un solidissimo strato di copertura si riusciva a garantire la tenuta e delle piste e delle piazzole. Allo scopo si ricorse, migliorandole, alle remotissime rampe d'assalto, incrementandone la coesione superficiale e la stabilità. Sotto molti aspetti non dovevano differire considerevolmente dalle mitiche piste a pendenza costante che si suppone siano state impiegate dagli Egiziani per erigere le piramidi. Significativamente, infatti, sappiamo, sebbene confusamente che proprio nei primi secoli del secondo millennio a.C. macchine concettualmente analoghe alle torri venivano fatte avanzare su apposite rampe nell'area babilonese. In particolare: "... gli archivi di Mari attestano il ricorso, nella Mesopotamia centrale e settentrionale, non solo alla trincea, ma anche a delle rampe su cui si facevano avanzare delle torri d'assalto e le cui dimensioni erano argomento di problemi nelle scuole degli scribi... [Una lettera] del re assiro IshmeDagan, figlio d ShamshiAdad ...si riferisce all'assedio di Hurara, città che comunque capitolò in capo a sette giorni, mentre un'altra località, Kirdahat, cadde in otto giorni davanti alle torri e ai guastatori..."(**33**). Difficile tentare di stabilire con maggiore precisione in cosa realmente consistessero tali torri, ed è probabile che le rampe fossero impiegate soltanto per compensare la loro insufficiente altezza.

Di certo l'approntamento avveniva in maniera approssimata, per cui nell'antichità: "...la costruzione di una rampa d'assalto fu fatta sempre nello stesso modo: cioè a forza di lavoro, coi materiali sotto mano e badando che il terreno riportato non cedesse durante l'assedio..."(**34**). Lo smottamento delle rampe non stupisce eccessivamente osservando meglio la tecnica di costruzione. Presso l'antica Smirne, la rampa innalzata verso il 600 a.C. dal re di Lidia Alyattes risulta composta: "...essenzialmente di terra, frammenti di mattoni, pietre e legni carbonizzati... L'insieme del riempimento sembrava consistere semplicemente di una massa di materiali di riporto giacenti nella stessa posizione che avevano occupato quando vennero versati in quel posto..."(**35**). Sostanzialmente simile il contenuto di un'altra rampa, costruita dai Persiani nel 498 a.C. ed attualmente in corso di scavo, la cui caratteristica: "...più notevole è la varietà... pietre di misura diversa e diver-

---

33 - Da J. HARMAND, *L'arte della guerra nel mondo antico, dalle città-stato sumeriche all'impero di Roma*, Roma 1978, p. 149.

34 - Da Y. GARLAN, *Guerra...*, cit., p. 178.

35 - Da Y. GARLAN, *Guerra...*, cit., p. 178.

si tipi di terra si trovano mescolati con grosse tasche di cenere, tracce di ossa bruciate, pezzi di legno carbonizzati e numerosi frammenti di architettura, scultura ed epigrafia in gran numero danneggiati dal fuoco... Vi si trovano anche moltissime armi... che provano l'intensità dei combattimenti mentre i lavori di sterramento erano in corso..."(**36**).

Stando, inoltre, a Tucidide nel 429 nel corso dell'assedio di Platea i Peloponnesiaci:

> *"...tagliato il legname dal Citerone, elevarono una costruzione ai due lati del terrapieno, posta a croce davanti ai fianchi perché il terrapieno non si aprisse per un largo tratto: vi portarono legname e pietre e terra e tutto quello che, gettato sulla costruzione, avrebbe dovuto terminarla. Elevarono tutto ciò per diciassette giorni e per altrettante notti continuamente, dividendosi a turno per il riposo, sicché gli uni portavano il materiale, gli altri prendevano sonno e cibo... "*(**37**).

Il lavorare ad immediato ridosso alle mura nemiche esponeva gli zappatori a rischi altissimi, solo parzialmente mitigati dai ripari e dalle schermature mobili, che col passar del tempo diedero origine a ben definite macchine blindate. Il repertorio di siffatte scudature ruotate al di sotto, o al di dietro delle quali si portavano avanti i movimenti di terra risulta alquanto consistente, frutto molte volte più dell'occasionale iniziativa del comandante del genio che dell'adozione di canonici congegni. Ad ogni buon conto appartennero a tale tipologia tutte le macchine genericamente chiamate tettoie, vinee, mascoli, testuggini, ecc...

In linea di massima consistevano sempre in una robusta intelaiatura, coperta da una sorta di tetto a due falde, debitamente blindato con piastre di metallo e pelli fresche. Lo scopo appare ovvio: frustrare tanto i tentativi di sfondamento mediante gli impatti di grosse pietre, quanto quelli incendiari delle falariche, di gran lunga più temibili. Furono senza dubbio di questo tipo le protezioni adottate nel corso della costruzione delle rampe per le elepoli. Quanto alle rampe devono immaginarsi notevolmente più solide ed elaborate di quelle innanzi citate, fermo restando il criterio generale della formazione di un piano inclinato. Il rilevato, infatti, richiedeva di essere costipato, consolidato, compattato e regolarizzato secondo la predeterminata pendenza che doveva restare inalterata per l'intera rampa. Una sua qualsiasi variazione avrebbe inevitabilmente fatto inceppare l'elepoli.

Il trascorre dei secoli non mutò affatto la procedura di approntamento delle rampe, tranne che per il nome divenuto nel frattempo, sempre più frequentemente quello di terrapieni. Così, infatti, Flavio Giuseppe ne rievoca la costruzione di alcuni dinanzi alle mura di Gerusalemme, quasi cinque secoli dopo quelle di Platea:

> *"I romani, che avevano cominciato a innalzare i terrapieni il dodici del mese di Artemisio, a stento li terminarono il ventinove, dopo diciassette giorni d'ininterrotta fatica. Si trattava infatti di quattro lavori immensi, di cui il primo, quello per l'Antonia, fu innalzato dalla legione quinta di con-*

---

36 - Da Y. GARLAN, *Guerra...*, cit., p. 178.

37 - Da Y. GARLAN, *Guerra...*, cit., p. 179.

> *tro al centro della cisterna chiamata 'del passeretto', e il secondo fu innalzato dalla legione dodicesima a circa venti cubiti di distanza. La legione decima, assai lontano dalle altre due, aveva innalzato un terrapieno contro al settore settentrionale e alla cisterna detta 'dei mandorli', mentre la legione quindicesima aveva elevato il terrapieno a trenta cubiti di distanza di contro al monumento del sommo sacerdote... "*(**38**).

Ovviamente non essendo in alcun modo ipotizzabile che simili massacranti lavori potessero compiersi sotto il tiro dei difensori proteggendosi unicamente con delle leggere schermature, occorre supporre un adeguato controtiro di copertura. Ed anche di tale pratica, apparentemente modernissima, se ne trova ampio riscontro nel corso del terribile assedio di Gerusalemme. Così dalle pagine di Flavio Giuseppe:

> *"...Divise quindi l'esercito in tre parti per l'esecuzione di tali lavori, e negli intervalli fra i terrapieni, schierò i tiratori di giavellotto e gli arcieri, e dinanzi a costoro i lanciamissili, le catapulte e le baliste per impedire ogni sortita del nemico contro i lavori in corso e ogni analogo tentativo da parte dei difensori sulle mura..."*(**39**).

Dal canto loro gli assediati, osservando il frenetico avanzare delle rampe, perfettamente consci della loro funzione e della estrema pericolosità derivante dall'accostamento delle elepoli non cessavano di prodursi in sortite, contrattacchi ed opere insidiose sotterranee, quali le mine, con l'unico obiettivo di bloccare quei lavori. Così Tucidide ricorda la contromossa dei Plateesi per frustrare l'approntamento di una rampa, chiamata in questo caso 'argine':

> *"...Trovato questo impedimento, i Plateesi sospesero il lavoro, e scavarono, dall'interno della Città, un condotto sotterraneo. Giunti sotto l'argine con un calcolo esatto delle distanze, tornarono a trasportare dentro la Città il terreno dell'argine. Per molto tempo le truppe fuori delle mura non se ne accorsero; sicché, per quanto scaricassero materiale, il risultato era sempre più scarso, giacché l'argine veniva a mancare loro di sotto, e continuava ad abbassarsi dove il terreno veniva sottratto..."*(**40**).

Altro esempio interessante al riguardo quello fornito dal solito Flavio Giuseppe circa le ricordate rampe:

> *"Ma mentre già si stavano tirando su le macchine, Giovanni che aveva scavato una galleria all'interno dell'Antonia fino ai terrapieni puntellando le cavità mediante pali che reggevano l'opera dei romani, ad un certo punto*

---

38 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 281, corrispondente a V, 11.

39 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 229, corrispondente a V, 6.

40 - La citazione è tratta da *TUCIDIDE...*, cit. p. 170.

introdusse nella galleria della legna spalmata di pece e di bitume e vi appiccò il fuoco. Quando i pali furono consunti dal fuoco, la galleria rovinò e con un tremendo boato fece sprofondare il terrapieno. Dapprima insieme con la polvere si levò una densa nube di fumo perché il fuoco era soffocato dalle macerie, ma appena cominciò a consumarsi il materiale che lo ricopriva il fuoco divampò liberamente. I romani furono presi dallo sbigottimento... il fuoco sembrò inutile combatterlo perché se anche si riusciva a domarlo, i terrapieni erano ormai sprofondati..."(**41**).

Non sempre però i difensori riuscivano ad attuare siffatti espedienti: a dimostrarlo basterebbero i resti delle enormi rampe erette sempre dai Romani a Masada. Per meglio comprendere la difficoltà di quell'assedio basterebbe ricordare che Erode nutriva nei confronti dell'architettura romana una straordinaria ammirazione ed una viscerale emulazione, tentando in qualsiasi modo di impressionare con la grandiosità delle sue costruzioni i governatori imperiali. Pertanto: "...nelle fortificazioni e nei palazzi che costruì a Masada, ad Herodion e a Gerico, egli diede una possente impronta architettonica alle sue eccentricità riuscendo ad unire la sicurezza, il lusso e la tranquillità alle condizioni di isolamento del deserto..."(**42**). Facile immaginare cosa significasse in termini ossidionali una tale concezione, che Flavio Giuseppe così descrisse:

"Dopo aver circondato tutto il luogo con una linea di circonvallazione, e messi in atto... i più minuziosi accorgimenti per impedire che alcuno potesse sfuggire, il comandante romano diede inizio alle operazioni di assedio nell'unico luogo che aveva trovato idoneo all'elevazione di un terrapieno.

Alle spalle della torre che dominava la pista che ad occidente s'inerpicava verso la reggia e la sommità, s'ergeva una grossa preminenza rocciosa di notevole larghezza e molto sviluppata in altezza, che però restava trecento cubiti [150 m circa, n.d.A.] *più in basso di Masada; si chiamava Bianca. Silva vi salì a prenderne possesso e ordinò all'esercito di costruirvi sopra un terrapieno. I soldati si misero all'opera con grande ardore e in gran numero, ed elevarono un solido terrapieno dell'altezza di duecento cubiti* -[circa 100 m].

Questo non venne però giudicato abbastanza stabile e alto per piazzarvi le macchine, e pertanto vi fu costruita sopra una piattaforma di grossi blocchi congiunti insieme, che aveva l'altezza e la larghezza di cinquanta cubiti. Per il resto le macchine furono costruite... e inoltre venne fabbricata una torre di sessanta cubiti tutta ricoperta di ferro, dall'alto della quale i romani, tirando con un gran numero di catapulte e baliste ben presto fecero piazza pulita dei difensori delle mura impedendo a chiunque di affacciarvisi..."(**43**).

---

41 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, pp. 281-283, corrispondente a V, 11.

42 - Da N. AVIGAD, *Gerusalemme archeologia nella città santa*, Milano 1986, p. 70.

43 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., p. 487, corrispondente a VII, 8.

Va ancora aggiunto in merito al medesimo episodio che la: "...Bianca costituiva l'estremità di una propaggine occidentale della piattaforma dove sorgeva Masada. Qui il terreno si configurava come una sella, il cui riempimento avrebbe consentito agli assalitori di portarsi all'altezza necessaria per battere le difese della fortezza. Tuttora visibili sono i resti del terrapieno, per quanto sgretolato dal cedimento delle impalcature lignee che contenevano la terra; furono anche trovati in buono stato di conservazione alcuni tronchi d'albero usati per quelle impalcature."(**44**) Grazie alla discreta sopravvivenza della rampa è possibile ricavarne la lunghezza e l'altezza, accertando perciò che la sua pendenza era del 50%. Nonostante la rilevanza l'inclinazione rientrava ancora nelle potenzialità motrici delle elepoli!

Esaurita la costruzione della rampa, non di rado una pista rettilinea ripidissima come la suddetta, condottevi sopra le elepoli, con spossante fatica le si facevano ascendere fin quasi a ridosso delle mura. La manovra potrebbe suddividersi in due fasi, di cui la prima di avvicinamento su percorso orizzontale e la seconda di accostamento sulla rampa. Sebbene le più evolute di tali macchine fossero perfettamente in grado di avanzare autonomamente il tragitto di avvicinamento veniva compiuto impiegando enormi squadre di serventi, riservando la rivoluzionaria autolocomozione all'accostamento, movimento di gran lunga più delicato e rischioso, dove s'imponeva la massima precisione. Le fonti, infatti, descrivendo l'intervento delle elepoli si soffermano sulla moltitudine di disgraziati, il più delle volte prigionieri di guerra, costretti a spingerle senza tregua.

Per settimane, in alcuni casi persino per mesi, la terribile impresa non trovava sosta, con progressi millimetrici. Si conoscono circostanze in cui l'avanzamento non eccedette, per un intero bimestre, un metro e mezzo al giorno! Senza contare il crescente numero delle vittime inversamente proporzionale alla lontananza dalle mura. La mole della elepoli, infatti, non bastava a fornire un riparo adeguato all'intera compagine dei serventi, per cui scadendo la distanza dalle armi dei difensori si incrementava esponenzialmente la letalità dei loro tiri. L'acme delle perdite si attingeva ai piedi della rampa, da dove, invece, sarebbe occorso il massimo sforzo, ovvero una moltitudine ancora maggiore. Ovvio pertanto che proprio da lì iniziasse l'avanzamento autonomo della macchina, sulle cui blindature gli impatti dei proietti nemici si intensificavano metro dopo metro. La gragnola diveniva terrificante allorquando, guadagnata la piazzola alla sommità della rampa, l'elepoli intraprendeva la posizionatura d'assalto. La manovra consisteva nel condurla praticamente a contatto diretto con le mura, contiguità indispensabile per consentire al corvo di artigliare gli spalti. Infatti, tenendo conto della luce massima di quei ponti volanti, è fuor di dubbio che per le opposte inclinazioni la base della macchina finisse con l'aderire al piede delle fortificazioni. Invitabile, pertanto, come in precedenza accennato, che la piazzola fosse ricavata proprio sul fossato, a prezzo di quali perdite è facile immaginare.

Molto verosimilmente dovette essere proprio l'accostamento sulle rampe, percor-

---

44 - La citazione è tratta dal commento di G. VITUCCI a Flavio Giuseppe, *La guerra...*, cit., vol. II, pp. 602-603, nota n°16.

so di esasperante lentezza e di micidiale esposizione, a stimolare i progettisti ad elaborare un sistema di autolocomozione. Il che si tradusse nel dotare le elepoli di grandi e spesse ruote -circondate di piastre di ferro sufficientemente larghe da sopportare l'immane carico sovrastante senza trasformarlo in una insostenibile pressione al suolo, ed al contempo talmente solide da non deformarsi durante il moto– nonché di un ingegnoso, quanto elementare apparato motore capace di farle girare tutte contemporaneamente alla stessa velocità angolare.

Treni di rotolamento: ruote ed assi

Le descrizioni che ci sono pervenute delle ruote delle grandi elepoli, sembrano concordare fra loro, riducendole a due tipologie: completamente piene o a tozzi raggi. In entrambi i casi, però, cerchiate con massicce piastre di ferro fucinate a freddo, particolare lavorazione finalizzata ad incrementarne la durezza superficiale senza comprometterne la plasticità interna. Un significativo riscontro lo si coglie nella esposizione di Vitruvio relativa al treno di rotolamento di una grossa macchina, sostanzialmente analoga per ingombro e mole ad una elepoli:

> *"...Et in la basa erano otto rote sopra le quali si movea qua e là; l'altezza delle quali rote era di sei piedi e mezzo* -[circa 2 m]- *la grossezza di tre* -[circa 1 m]- *et erano triplicate di materia e fortificate con lame di ferro battuto a freddo..."* (**45**).

Il riferimento dell'autore a ruote *triplicate* di *materia* appare di facile interpretazione: si sarebbe trattato cioè di ruote piene realizzate con una triplice orditura di legname. Del resto per raggiungere lo spessore di un metro accrescendo la resistenza complessiva dell'aggregato l'unica maniera consisteva nel sovrapporre più tavoloni ortogonalmente e quindi fissarli tramite chiodatura passante. Nel caso in questione si sarebbe trattato di giuntare tre strati di massicce travi affiancate, ciascuno spesso una trentina di centimetri. In sostanza una sorta di antesignano gigantesco compensato spesso quasi un metro, reso solidale tramite chiodatura ottenuta con grossi perni di ferro passanti e relative bandelle.

Quanto poi a trasformare quei mastodontici tamburi, pesanti oltre 20 quintali se di legno di quercia, in ruote *fortificate con lame di ferro* provvedevano delle massicce piastre di ferro applicate lungo l'intera circonferenza con lunghi perni. In pratica altri ventitre quintali che portavano il solo treno di rotolamento ad un peso di oltre 32 t, massa non lontana da quella di un moderno carro armato. Ed è interessante ricordare che il diametro di tali ruote non deve ritenersi assolutamente un caso limite ma semplicemente un valore corrente, ritrovandosene di quasi m 4! Ovviamente con spessori e circonferenze del genere applicare la cerchiatura a caldo come nel caso delle tradizionali ruote dei carri si confermò del tutto irreale. Senza contare che, ammettendo per assurdo la fucinatura ed il

---

45 - La citazione è tratta da *Il* De architettura *di Vitruvio nella traduzione...*, cit., p. 400, e corrisponde a lib. X, cap. XX.

montaggio di cerchioni tanto grandi, la pressione da essi prodotta sul suolo ne avrebbe determinato l'affondamento. Ed infatti la soluzione escogitata fu del tutto diversa ed ancora una volta precorritrice di analoghe recentissime.

Si disposero, come accennato, lungo l'intera circonferenza tante piastre di ferro, forgiate a freddo, cioè battute e sagomate senza portarle al color rosso. Stimando la dimensione di ciascuna pari a cm 100x30x5 ne deriva un peso di circa 2 q, senza dubbio di improba forgiatura per l'epoca. Forse per tale ragione, forse, più verosimilmente per evitare l'eccessiva fragilità conseguente alla tempra, si batterono a freddo. Il risultato, in ogni caso, fu quello di serrare il grande cilindro di legno in una solidissimo anello poligonale, formato da alcune decine di piastre di ferro. Pertanto la ruota veniva ad insistere sul terreno non più tangenzialmente ma per tutta la superficie, piatta ed ampia di una intera piastra, contenendo al massimo la pressione. La configurazione ottenuta potrebbe giustamente equipararsi a quella delle cosiddette ruote a *cingolo* che, sul finire dell'ottocento, si applicarono agli affusti delle artiglierie di grosso calibro. Queste disponevano lungo l'intera circonferenza di piastre d'acciaio imperniate in modo tale da poggiare sempre interamente sul terreno. Il che contraeva vistosamente la pressione al suolo evitando al pezzo, specie in fase di reazione retrograda, di sprofondarvi. La descritta soluzione, ulteriormente perfezionata, sarà di lì a breve adottata per i carri armati.

Una innovativa concezione si riscontra anche nei tubi-anima dei mozzi di tali ruote. Questi, infatti, che in tutte le torri ambulatorie tradizionali erano cilindrici, essendo destinati a ricevere un asse ovviamente cilindrico, come peraltro in tutte le normali ruote di carro, nelle elepoli semoventi erano a sezione quadrata, o poligonale. L'inedita variante dipese dalla necessità di rendere solidali le ruote all'asse stesso, in modo che venissero trascinate dalla sua rotazione.

Per resistere alle sollecitazioni di torsione è molto probabile che i tubi-anima, di ferro o di bronzo, fossero saldamente incastrati nel legno delle ruote, terminando sulle opposte facce di ciascuna ruota con ampie flangie attraversate da numerosi e lunghi perni passanti. Nei tubi si andavano ad inserire i puntali dell'asse, parimenti di metallo e quadrati, o poligonali, fuoriuscenti da entrambe le estremità di un grosso albero cilindrico di legno sul quale agivano le cinghie o le funi.

Erano, infatti, sia le cinghie che le funi i due più probabili organi di trasmissione del moto dalle grosse gabbie di scoiattolo, propriamente dette ruote calcatoie, o dagli enormi cabestani ad asse verticale, ai grandi alberi cilindrici, lunghi non di rado oltre 15 m, che a loro volta tramite i puntali quadrati lo comunicavano alle ruote. Certamente assi di tali dimensioni, sormontati da carichi tanto ingenti, richiedevano degli appositi alloggiamenti negli altrettanto colossali longheroni compositi del telaio. Senza contare che lo sfregamento provocato dalla loro rotazione qualora non attenuato, per il fortissimo attrito del legno su legno ne avrebbe provocato la rapida combustione. Il che indurrebbe ad ipotizzare per i suddetti alloggiamenti una configurazione sostanzialmente simile a degli antesignani cuscinetti, o più esattamente a delle grosse bronzine. Queste, costituite da due metà, avrebbero dovuto essere incastrate in una apposita sede ottenuta nella discontinuità dell'accoppiamento fra due travi di ciascun longherone in modo da non comprometterne eccessivamente le fibre.

Apparati motori: gabbie di scoiattolo e cabestani

Stando alle fonti, come già accennato, le elepoli propriamente dette erano semoventi, o per lo meno riuscivano ad essere tali su tratti di sufficiente lunghezza. Gli storici coevi sebbene concordino senza apprezzabili differenze sulla prima potenzialità ben poco aggiungono sui suoi limiti, che pure indubbiamente esistevano. La manovra, infatti, non sembra che fosse attuabile su percorsi eccedenti poche centinaia di metri, estremo al di là del quale la trazione tornava a spinta. Il che non banalizza affatto la portata dell'innovazione, priva peraltro di qualsiasi analogia contemporanea o successiva: per avere di nuovo congegni semoventi occorrerà attendere altri venti secoli!

Disgraziatamente, però, se tanti testimoni oculari certificarono l'esistenza di elepoli semoventi, nessuno fra loro ebbe la competenza tecnica, o la curiosità, di comprendere e di tramandare come fosse stata meccanicamente realizzata l'autolocomozione. La ragione dell'incomprensibile omissione deve attribuirsi, molto verosimilmente, all'abitudine degli scrittori dell'epoca di limitarsi ad enunciare le meraviglie senza fornirne le spiegazione sia perché essi stessi incapaci di comprenderle sia perché, anche ammettendo una competenza del genere, non vi sarebbero stati lettori altrettanto dotati. La ragione, in definitiva, sembra una ennesima conferma della disistima che circondava nella mentalità greca qualsiasi prodotto tecnologico per stupefacente o valido che fosse. E l'identica repulsione pervase anche la società romana, al punto che per: "... Seneca le invenzioni contemporanee... sono tutte opera dei più vili schiavi, di menti esperte, penetranti se vogliamo, ma non certo di grandi menti, di menti elevate, come d'altra parte è vile tutto ciò che può ricercare il corpo chino, lo spirito rivolto alla terra. Queste invenzioni sono opera del raziocinio, non d'intelletto: tutta questa abbondanza di invenzioni superflue assoggetta l'anima al corpo, divenuto da schiavo padrone... "(**46**). Tanto per esemplificare un autore tardo come Flavio Vegezio, che pure tradisce una indubbia competenza nelle disquisizioni tecniche, così scriveva in merito:

> *"Le torri sono macchine simili ad edifici, strutturate di travi e tavole; per evitare che una così solida costruzione non sia incendiata dal fuoco del nemico, sono rinforzate di cuoio crudo e di stoffe rustiche con la massima diligenza.*
>
> *Si fabbricano quadrate, di altezza e larghezza proporzionate, o di trenta o di quaranta o di cinquanta piedi per lato. Si costruiscono, per altro, di tali dimensioni che possano superare non soltanto l'altezza delle mura, ma anche quella delle torri di pietra.*
>
> *Ad esse con un meccanismo sofisticato, si applicano molte ruote, con il cui moto si può spostare una macchina tanto grande..."*(**47**).

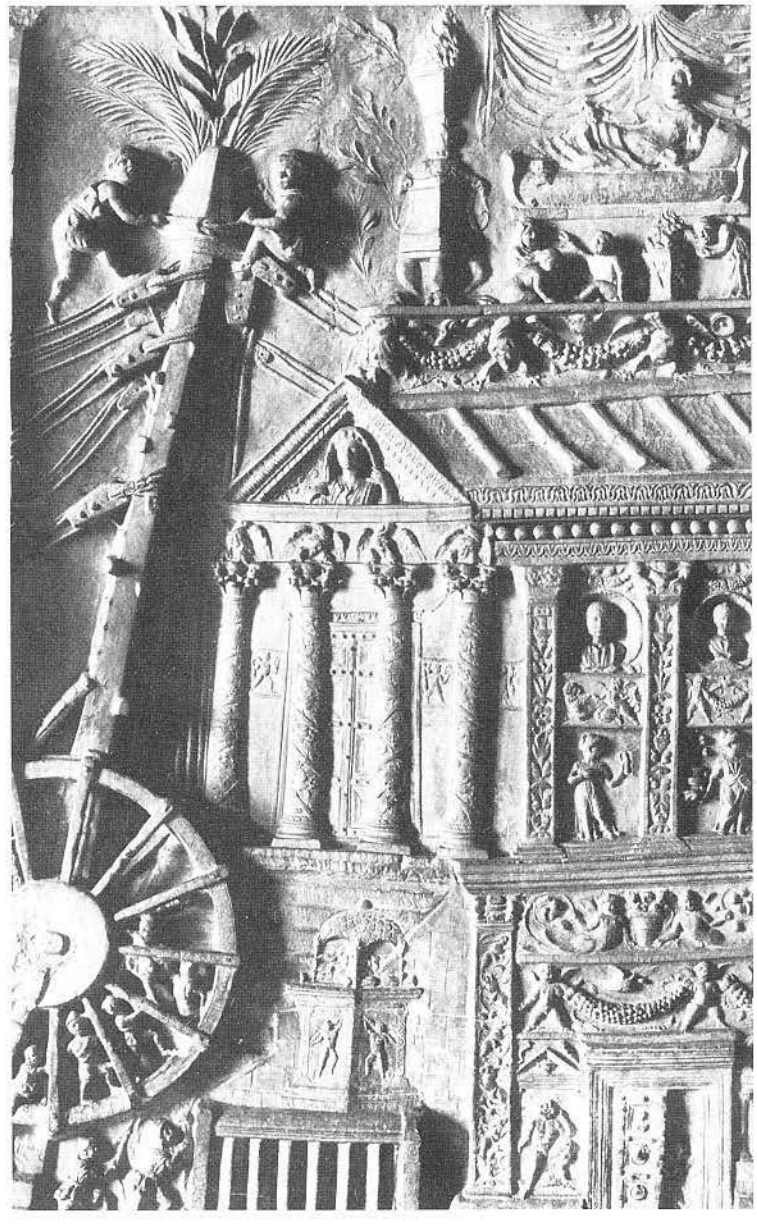
---

46 - La citazione è tratta da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 197.

47 - Da FLAVIO RENATO VEGEZIO, *L'arte...*, cit., p. 166, corrispondente a lib. IV cap. XVII.

Pur essendo nel testo citato indubbiamente chiaro che lo spostamento della macchina avveniva per la rotazione delle ruote, e non invece il contrario come in tutti i carri coevi e successivi, e per conseguenza implicita che la stessa disponesse di un apparato motore, nulla in merito è precisato. Un fumoso cenno ad una generica *meccanica arte*, correttamente tradotta con *meccanismo sofisticato* accresce piuttosto che diradare l'enigma. Il che ci costringe a formulare, sulla scarna falsariga di analoghe allusioni, alcune plausibili ipotesi circa il congegno meccanico. Innanzitutto va ribadito che qualunque fosse stata la sua concezione l'energia motrice restava sempre ed inevitabilmente quella animale, e per l'esattezza muscolare umana.

Premesso ciò una prima impressione consisterebbe nel supporre che l'apparato motore propriamente detto fosse costituito da grosse ruote calcatoie, o a gabbia di scoiattolo, del tipo di quelle impiegate correntemente dai Romani nell'edilizia per sollevare rilevanti carichi a discreta altezza e di cui disponiamo di significative raffigurazioni in bassorilievo.



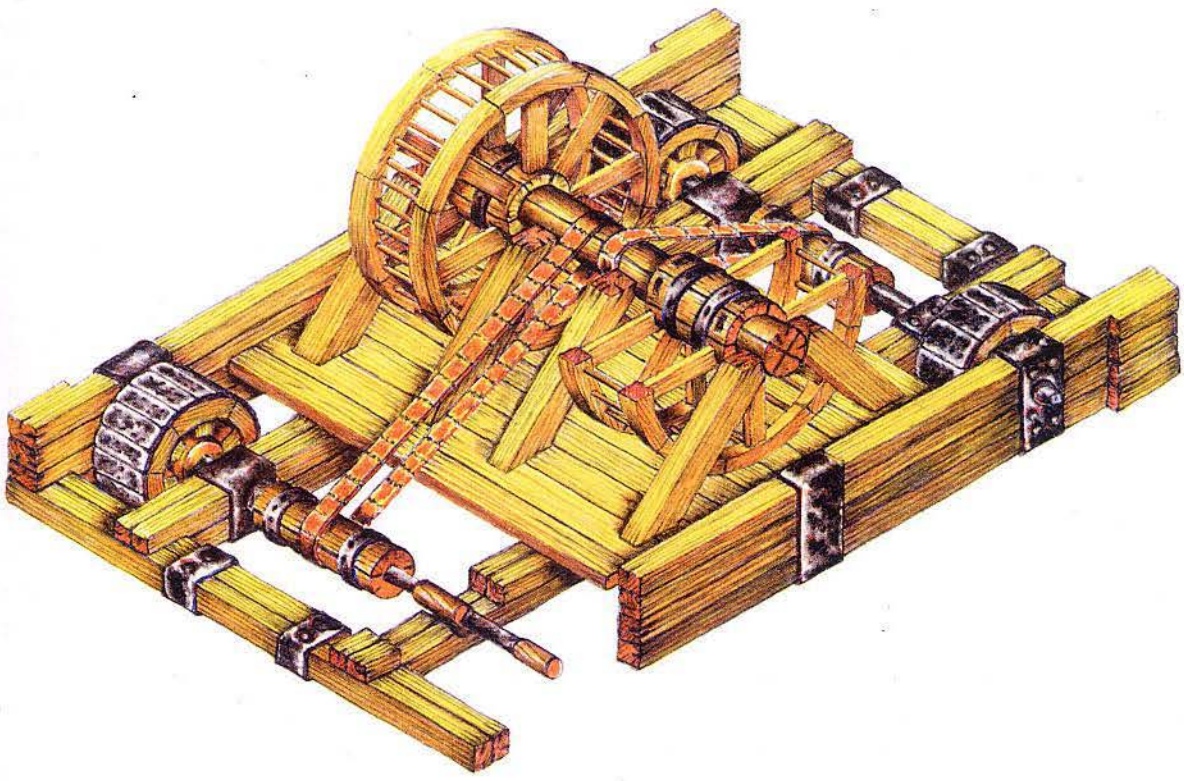
17 - Grande ruota calcatoia impiegata per far funzionare una potente gru. Sono ben evidenti gli schiavi, circa mezza dozzina racchiusi nella stessa per farla ruotare. Per facile rapporto il suo diametro non supera i 4 m, dettaglio che alla verifica dei calcoli tramanda una scarsa potenza motrice, confermata pienamente dal rilevante numero di paranchi che si scorgono all'estremità del suo braccio. L'interessantissima scultura fa parte del monumento funebre degli Haterii, scoperto a Roma.

La messa in rotazione era prodotta da schiavi che si arrampicavano al loro interno sui pioli periferici. Il loro corpo, continuamente riportato alla periferia della gabbia, equivaleva, in meccanica, ad una forza applicata all'estremità di un braccio pari al raggio della ruota stessa. Incrementando il suo diametro ed il numero degli schiavi se ne incrementava la coppia. Ma tale valore non poteva crescere considerevolmente esistendo dei limiti strutturali molto ristretti, oltre i quali non era più possibile costruire un congegno del genere. In pratica si deve ritenere insuperabile un raggio di circa 4 m ed una squadra di due decine di uomini. Ma anche così la coppia disponibile appare lontanissima dalla potenza minima necessaria per far muovere una macchina tanto pesante. Per accrescerla ulteriormente restava un'unica soluzione: montare sullo stesso albero, ovviamente di enormi dimensioni, più ruote identiche affiancate fra loro, in modo da costituire una batteria. Ora considerando che la larghezza massima di ciascuna, per quanto precisato innanzi, non poteva eccedere i due metri, sulla piattaforma di base di una grande elepoli se ne sarebbero potute collocare al massimo sei, per un totale di un centinaio di serventi. La potenza così prodotta avrebbe raggiunto una trentina di Hp, sufficiente allo scopo. Va infatti rilevato che una ruota calcatoia pur non erogando una rilevante potenza, per il suo bassissimo numero di giri, forse meno di uno al minuto, finiva per fornire però una notevole coppia. Tale prestazione sembra ideale per la trazione nelle grandi elepoli, alle quali non veniva richiesta alcuna velocità ma soltanto una straordinaria coppia motrice. Senza contare che per la sua attuazione sarebbe stato sufficiente un relativamente modesto numero di serventi, da avvicendarsi dopo poche decine di minuti di sforzo, senza dubbio intenso ma costante in quanto la sua entità, massima o minima, consisteva sempre nel sollevare il peso del proprio corpo, con il medesimo ritmo.

Logicamente una ruota a gabbia di scoiattolo per funzionare deve necessariamente avere l'asse orizzontale, disposizione che con l'ulteriore accortezza di orientarlo parallelamente ai grandi assi delle ruote avrebbe, se non altro, reso molto più semplice la trasmissione, ed inutile la demoltiplicazione.

Discorso del tutto diverso, invece, per quanto riguarda il motore ad argano con asse verticale che sembra a sua volta affiorare confusamente, da alcune altre relazioni dell'epoca. Quest'ultimo propriamente detto *cabestano*, od anche *mulinello salpancore*, non costituiva nemmeno all'epoca una novità. Sin dalla più remota antichità lo si impiegava sulle imbarcazioni per svellere le ancore dal fondo, o per sollevare pesanti carichi. Per la sua straordinaria potenza venne adibito al recupero *dell'ingegno* nella pesca del corallo, protrattasi immutata per diversi secoli fino al 1800. E sempre per l'identica ragione il cabestano è ancora impiegato in marina ed in particolare sul naviglio militare, ovvero sulle unità dotate di ancore più pesanti, ovviamente messo in rotazione da un apparto motore idraulico, od elettrico, o in caso di gravissime avarie provocate dal combattimento, persino da una schiera di marinai.

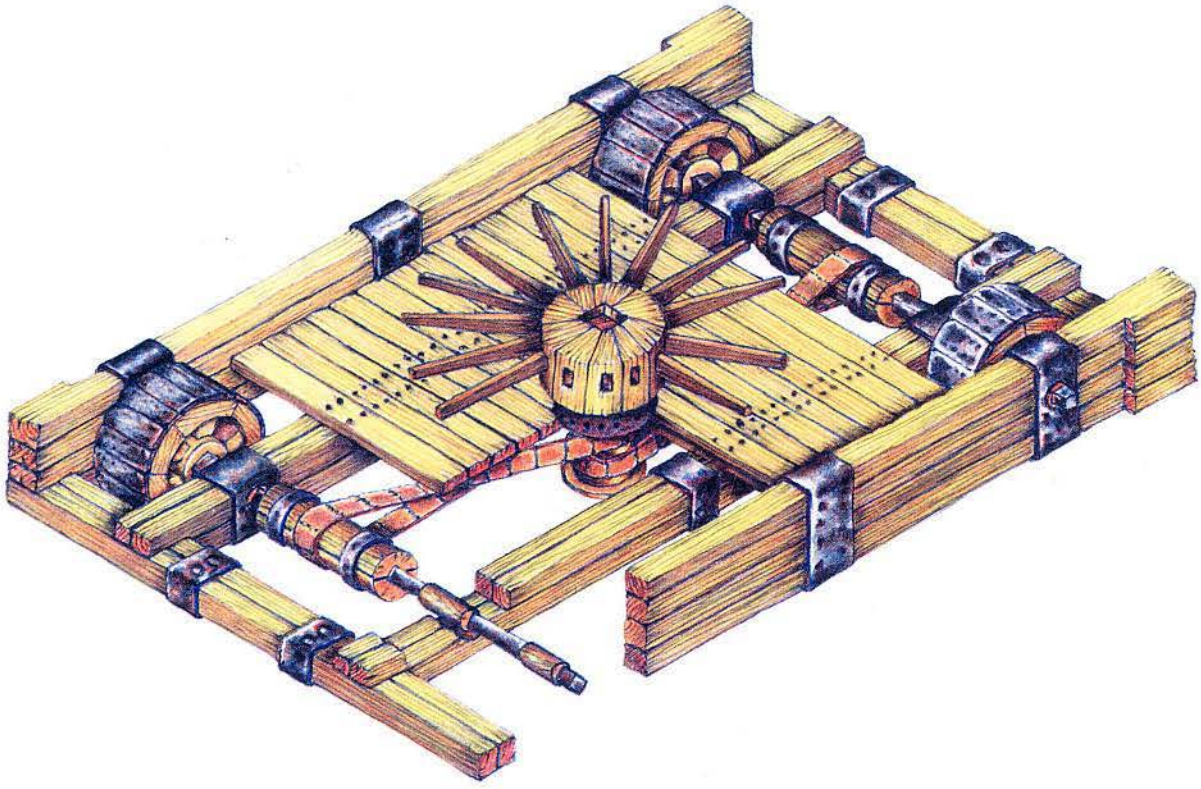
Nelle elepoli, invece, la sua fonte energetica potette essere soltanto una squadra di quasi un centinaio di uomini, suddivisi in gruppi di mezza dozzina, distribuiti ciascuno per ogni singola stanga delle sedici di cui risulta munito il cabestano. Per tale ragione il diametro del suo mozzo deve supporsi molto verosimilmente di circa 2-3 m. Collocati i



VI - APPARATO MOTORE: ricostruzione grafica ipotetica di un apparato motore per grande elepoli costituito da due ruote a gabbia di scoiattolo, di circa 6 m di diametro ciascuna, con una larghezza di un paio.Al loro interno potevano impegnarsi fino a due dozzine di uomini.La trasmissione della rotazione dal loro albero agli assi delle ruote si è supposto che fosse attuata tramite due lunghe cinghie, realizzate con intere pelli di bue cucite fra loro.La soluzione tuttavia non sembra, almeno dal punto di vista tecnico, la più probabile per superare l'inerzia di una massa non di rado eccedente le cento tonnellate:fin troppo facile immaginarne gli slittamenti.

serventi dietro le stanghe, ed impartito l'ordine di avvio, agendo simultaneamente e con il massimo sforzo iniziale, l'asse del cabestano, imperniato al centro della piattaforma di base, prendeva lentamente a girare. A differenza del precedente dispositivo motore in questo la fatica imposta ai disgraziati serventi manifestava una sorta di spunto necessario per superare l'inerzia della macchina. Di certo vinta la resistenza la rotazione del cabestano assumeva una piena regolarità, erogando una potenza sostanzialmente simile a quella delle batterie di ruote calcatoie. La vera differenza deve ricercarsi nella maggiore semplicità costruttiva e nella superiore elasticità d'impiego. Unico vantaggio, dal punto di vista meccanico, la facoltà di 'controllare' meglio l'energia motrice, che per brevissime applicazioni poteva superare notevolmente l'erogazione di regime, magari anche applicando alle stanghe serventi supplementari, o riducendo gli intervalli per l'avvicendamento, potenzialità inesistente per le ruote a gabbia.

Per quanto concerne la trasmissione, nel caso fosse stata attuata tramite una coppia di lunghe cinghie sui due assi valgono le conclusioni espresse in precedenza.



VII - APPARATO MOTORE: ricostruzione grafica ipotetica di un apparato motore per grandi elepoli costituito da un enorme cabestano centrale a sedici stanghe.Le sue dimensioni consentivano l'impiego di una squadra di serventi di circa 96 uomini, incrementabile sporadicamente nelle fasi di massima sforzo.La trasmissione è del tipo a doppia cinghia di cuoio.Il mozzo motore del cabestano dove stavano impegnate le cinghie era posizionato al di sotto della piattaforma di base, ed era equilibrato proprio dalle spinte opposte che riceveva dalle cinghie.

Organi di trasmissione e catena cinematica

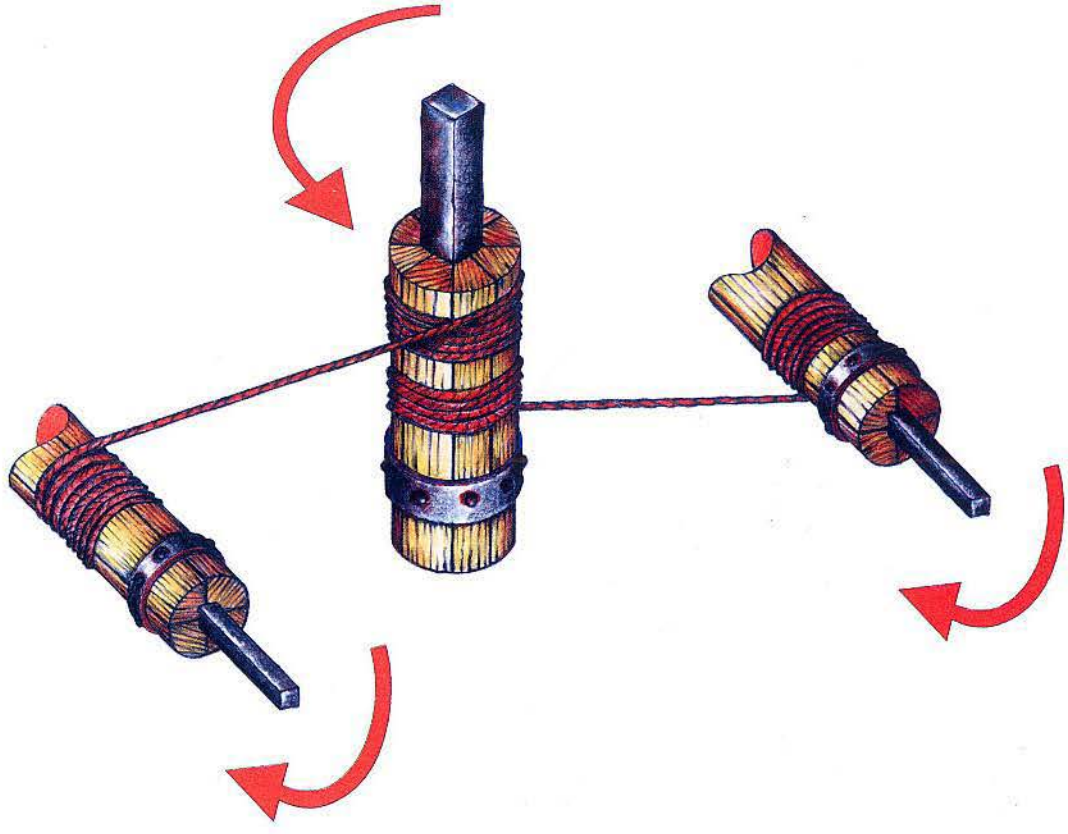
Se per il tipo di 'motore' impiegato sulle elepoli esiste una irrisolvibile indeterminazione, che peraltro non esclude l'adozione di entrambi i descritti su macchine di epoche o località diverse, o di altri ancora completamente sconosciuti, una ignoranza ancora maggiore concerne l'intera catena cinematica destinata a fornire il moto agli assi delle ruote. Per alcuni illustri studiosi l'organo di trasmissione avrebbe potuto consistere, tanto nel caso di motore a ruota calcatoia come in quello a cabestano in due grosse cinghie di cuoio, entrambe attivate dallo stesso albero motore ma una destinata all'asse anteriore e l'altra a quello posteriore. Ed a tale ipotesi sono state ispirate le tavole VI e VII.

In tal caso, supponendo per semplicità che i due assi fossero stati di diametro identico a quello dell'albero motore, con alle estremità ruote identiche, tutti avrebbero girato all'identica velocità angolare. In altre parole ad ogni giro delle gabbie, o del cabestano, sarebbe corrisposto un giro delle ruote, soluzione abbastanza elementare e fattibile da rendere plausibile il concreto avanzamento dell'elepoli. Meno plausibile, invece, che ciò potesse realmente verificarsi, ovvero che tramite organi di trasmissione basati sull'attrito

fosse conseguibile l'assoluta sincronicità del moto di tanti elementi. Senza contare resistenze variabili da ruota a ruota, da asse ad asse, istante per istante, fattori tutti destinati a perturbare la regolarità di marcia.

Cinghie del genere di quelle ipotizzate, ad esempio, avrebbero dovuto essere lunghe almeno una quindicina di metri, e pertanto realizzate con molte pelli congiunte fra loro. Ma la connessione, comunque fosse stata eseguita, non sembra sufficiente a sopportare una sollecitazione tanto intensa. Le stesse pelli avrebbero inevitabilmente manifestato un allungamento, deformandosi in poco tempo. Ed ancora, anche ammettendo un ignoto superamento delle suddette deficienze, è difficile credere che alberi cilindrici di legno, più o meno levigati, sottoposti a sollecitazioni da parte delle cinghie non ne avrebbero provocato lo slittamento. Né sarebbe bastato cospargerli di sabbia per incrementare l'attrito, il quale in ogni caso resta il fattore di trazione basilare di siffatta trasmissione ed, ovviamente, il suo massimo elemento critico.

Molto più convincente, invece, supporre organi di trasmissione a moto obbligato sebbene limitato, come ad esempio quelli ottenibili tramite una coppia di grosse gomene, o di robuste catene standardizzate.



VIII - SISTEMA DI TRASMISSIONE: impostato sul recupero intorno all'albero motore di una coppia di grosse gomene svolgendole dagli assi sui quali erano in precedenza avvolte a spirale.Il dispositivo, che elimina l'attrito come fattore attuativo, non è però suscettibile di trasferimento illimitato di moto.La sua durata infatti è determinata dalla lunghezza delle gomene.Esauritosi il loro svolgimento la rotazione si arresta.Per riavviarla occorre prima recuperare le gomene dall'albero, riavvolgerle intorno agli assi e quindi ricominciare. Il sistema, sebbene farraginoso, presenta indubbi vantaggi rappresentati dalla sua evidente semplicità costruttiva, robustezza ed affidabilità, elementi tutti da renderlo di gran lunga il più probabile per la movimentazione delle elepoli.

In entrambi i casi, esse con una estremità fissata a ciascun asse, ed accuratamente avvoltegli intorno per un consistente numero di spire, avrebbero avuto l'altra estremità vincolata saldamente all'albero motore. Ponendo in rotazione quest'ultimo le gomene, o le catene, vi si sarebbero attorcigliate srotolandosi al contempo dai rispettivi assi, imprimendogli per conseguenza un moto rotatorio. La potenza così trasmessa non sarebbe stata vincolata dall'attrito ma semplicemente dalla resistenza meccanica delle gomene o delle catene. Quanto al motore, orizzontale o verticale che fosse stato il suo albero, avrebbe agito esattamente come un cabestano salpancora, alando gli organi di trasmissione e trascinando così nella rotazione i rispetti assi. Non appare necessario, allo scopo di migliorare l'aderenza delle catene, nemmeno che tale albero disponesse di una ruota ad impronte, realizzandosi la solidarietà per il loro fissaggio allo stesso.

Ai vantaggi della certezza del moto questo sistema univa pure una lunghissima esperienza pratica nell'arte marinaresca e nelle costruzioni navali, per cui sarebbe risultato di facile approntamento per i carpentieri ed i maestri d'ascia. Come pure di facile reperimento sarebbero risultate tanto le gomene di adeguata lunghezza e diametro quanto le catene. Ed ancora un altro vantaggio è facile riconoscergli, di non secondaria importanza: essendo l'organo di trasmissione costituito da un corpo filiforme non occorreva che l'albero motore e gli assi fossero orientati alla stessa maniera, poiché l'alaggio poteva avvenire secondo qualsiasi direzione. Tuttavia anche tale dispositivo non era del tutto immune da controindicazioni. Si può agevolmente ravvisare la sua peggiore deficienza, che in molti casi ne avrà sconsigliato l'impiego, consistente in una limitata autonomia.

In pratica una trasmissione a fune è attuabile finché la fune non si sia srotolata del tutto, dopo di che la macchina si arresta. Per rimetterla in moto si rende allora necessario riportarne la condizione al punto di partenza, operazione affatto complicata ma alquanto lenta. Tanto per esemplificare se al momento di iniziare l'accostamento dell'elepoli su entrambi i suoi assi vi fossero state avvolte 10 spire, significava che le ruote potevano compiere soltanto 10 giri, e supponendole, a loro volta, di due metri di diametro ciò sarebbe equivalso a poco più di 60 m di percorso. Ovvio allora che incrementando la lunghezza delle funi, come pure il diametro delle ruote, lo spazio percorribile cresceva sensibilmente. Ma mentre l'allungamento dell'organo di trasmissione comportava soltanto la difficoltà di reperirlo, o di realizzarlo con tecniche peraltro sperimentatissime, l'aumento del diametro delle ruote implicava potenze motrici maggiori, non sempre sostenibili dall'apparato disponibile. In ogni caso l'autonomia di movimento richiesta alle torri non era rilevante. Per una fin troppo logica deduzione equivaleva alla gittata efficace delle artiglierie meccaniche della difesa, la quale, per quanto in seguito meglio esamineremo, non eccedeva i 200 m. Il che si traduceva nell'esigenza di una trentina di spire circa, le quali, supponendo ancora uno sezione della gomena pari ad una decina di cm, corrispondevano ad un avvolgimento lungo poco più di 3 m, dimensione perfettamente compatibile con la parte centrale degli assi. Sostanzialmente identica anche nel caso d'impiego di catene.

Come accennato, va ribadito che quando le funi fossero state completamente srotolate tornava ancora possibile procedere, restando sempre all'interno della torre al loro riavvolgimento intorno agli assi, previo svolgimento dall'albero motore. Per esaurire però

l'operazione sarebbero occorse alcune ore, intervallo per tanti aspetti eccessivamente lungo. Nel frattempo, infatti, la grande macchina si sarebbe venuta a trovare a ridosso delle fortificazioni nemiche senza alcuna possibilità di sottrarsi ai tiri ed alle sortite, condizione pericolosissima per una struttura di legno, solo parzialmente rivestita di piastre di ferro, o di coltri relativamente ignifughe. La prospettiva di una simile iattura suggerì sempre di accertarsi, con assoluta precisione, dell'effettiva distanza da percorrere prima di avviare la manovra, dimensionando su di essa, e con sufficiente margine, la lunghezza delle funi.

Una ultima osservazione si impone circa una particolare tipologia di organo di trasmissione che avrebbe consentito di abbinare alla illimitata autonomia di percorso assicurata dalle cinghie l'assoluta affidabilità della gomena: l'adozione di una catena chiusa di ferro a maglie regolari. Sappiamo che all'epoca esistevano già catene molto simili a quella che poi sarà definita a *galle* attribuendola a Leonardo da Vinci. Catene del genere, munite di denti all'interno per ingranare su appositi rocchetti poligonali, si ritrovano in brani di Dionisio di Alessandria, lasciando perciò positivamente concludere circa la notorietà di siffatto dispositivo. Disgraziatamente però di tutte le ipotesi esposte non abbiamo alcun riscontro esplicito, ma solo alcuni accenni ed allusioni occasionali. Tuttavia, in qualche caso, i riferimenti ostentano una precisione ed una aderenza tali da renderli estremamente probanti in merito all'adozione di organi di trasmissione filiformi limitati, gomene o catene che fossero, non potendosi altrimenti interpretare in nessun modo.

Analizzando per l'ennesima volta gli scritti di Flavio Giuseppe apprendiamo, infatti, al riguardo che:

> *"Innalzati i terrapieni, i genieri ne misurarono la distanza dal muro scagliando un piombino legato ad un filo, né v'era altro modo essendo essi bersagliati dall'alto, e trovando che le elepoli potevano raggiungerlo le accostarono..."*(48).

Dunque stando al celebre storico prima di far accostare le elepoli alle mura di Gerusalemme i Romani controllano, scrupolosamente, se la distanza da percorrere rientra nelle loro possibilità. Ora essendo tali macchine destinate ad operare quasi a contatto con le fortificazioni tale precauzione non avrebbe avuto alcun senso non esistendo alcun limite pratico se non il suddetto. Quello che indubbiamente, con terminologia attuale andrebbe chiamato telemetraggio, costituiva una procedura impiegata, non sempre e non necessariamente, con le grosse artiglierie a tiro parabolico, quali le grandi baliste o gli onagri, per poterne in qualche modo valutare a priori il punto di caduta dei proietti, senza sprecare tiri per accertarlo empiricamente e senza insospettire il nemico. Ma a che scopo adottarla per un congegno semovente che comunque doveva accostare alle mura, se non avesse avuto un preciso limite di autonomia?

Va ancora osservato che sempre nel corso della medesima manovra, pochi righi più avanti, il nostro autore precisa:

---

48 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 231, corrispondente a V, 6.

> "[Gli Ebrei] *presero posizione sulla cinta delle mura scagliando un gran numero di proiettili incendiari contro le macchine e bersagliando senza tregua gli uomini che spingevano le elepoli; i più coraggiosi, poi, venendo fuori a gruppi, strappavano i graticci delle macchine, e avventandosi contro i serventi, li sopraffacevano, qualche volta perché erano più valenti ma in genere grazie alla loro audacia...*"(**49**).

L'interesse del brano deriva da almeno due puntualizzazioni: l'autore, infatti, con assoluta precisione riferisce che le elepoli venivano spinte, e non già tirate, come sarebbe stato fin troppo ovvio per qualsiasi narratore non presente alla vicenda, dettaglio che ne ribadisce l'attendibilità. Secondariamente le azioni di contrattacco, o di disturbo, compiute dai difensori con l'uccisione di alquanti serventi adibiti a spingere la torre sembrano in prima approssimazione smentire quanto delineato circa la loro capacità semovente. In realtà, ad una più ponderata lettura, la confermano poiché avvengono quando il tiro interdittivo dagli spalti risulta inefficace per l'eccessiva distanza. In altre parole le suddette sortite si estrinsecano dopo aver costatato l'inadeguatezza delle artiglierie della difesa a battere tanto lontano, cioè nella fase dell'avvicinamento compiuto appunto a spinta. Come credere altrimenti che gli assediati concentrassero i loro tiri sull'elepoli mentre i loro commilitoni le danneggiavano, esponendosi così al doppio rischio di esser colpiti dagli amici e dai nemici! Né appare più sensato supporre che per favorire i tentativi di incendiarle condotti da sparuti ardimentosi si sospendesse il tiro delle falariche, notoriamente armi pirofore di incomparabile potenzialità rispetto alle torce a vento. In conclusione, sembrerebbe confermato che l'autolocomozione veniva avviata a partire da un paio di centinaia di metri dalle mura, al limite quasi dell'autonomia della trasmissione a fune. Il che se giustifica la necessità della misurazione del percorso da compiere non è sufficiente a spiegarne lo scrupolo:ed infatti una seconda e forse persino più stringente limitazione, sempre di natura meccanica, costringeva a tanta attenzione.

Esaurito l'avvicinamento iniziava il percorso di accostamento che, come in precedenza ricordato, il più delle volte avveniva su rampe a discreta pendenza fino alla piazzola di stazionamento operativo, perfettamente orizzontale. Una qualsiasi sosta, in particolare se necessaria al riavvolgimento degli organi di trasmissione, avrebbe comportato la sospensione della forza di trazione con il conseguente prevalere di quella di gravità. L'elepoli dopo qualche istante di precario equilibrio avrebbe preso ad indietreggiare, acquistando rapidamente velocità, terminando la sua catastrofica corsa retrograda ai piedi della rampa distruggendosi per l'improvviso cambio di pendenza.

Ma è plausibile un evento del genere?

---

49 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 233, corrispondente a V, 6.

Sistemi di bloccaggio

Pur non rintracciandosene menzione, carenza peraltro abituale, le elepoli semoventi dovevano necessariamente disporre di congegni per il bloccaggio di sicurezza, analoghi per intenderci ad un attuale freno di stazionamento, immancabile su qualsiasi veicolo. Dalla martellina agente sui cerchioni delle ruote delle carrette, ai ceppi agenti su quelle dei treni, dalle ganasce ai settori d'attrito –volgarmente detti *pasticche*- delle ruote delle autovetture, una costante preoccupazione è quella di munire ogni mezzo ruotato di un affidabile freno di stazionamento. Di un dispositivo cioè capace di mantenerlo fermo sulla massima pendenza su cui si presume esso debba potersi muovere, ovviamente in assenza di conduttore. Per una macchina destinata ad avanzare su rampe a forte inclinazione un dispositivo del genere non solo doveva esistere ma confermarsi indispensabile.

Nella trasmissione a fune, infatti, se per una ragione qualsiasi la trazione diminuisce fino a divenire inferiore alla resistenza di gravità, i ruoli meccanici s'invertono: le funi cessano di essere trascinate dal motore per trascinarlo esse stesse. Gli esiti in macchine tanto pesanti dovevano dimostrarsi micidiali: gli uomini costretti alle stanghe del cabestano finivano scagliati all'intorno come fuscelli, mentre quelli racchiusi nelle gabbie di scoiattolo venivano centrifugati contro i pioli. E considerando che nei punti di massimo sforzo tale iattura poteva verificarsi in qualunque momento per il contemporaneo, e affatto improbabile, venir meno di alcuni uomini spossati dalla fatica, o dalle percosse, occorre necessariamente concludere che un qualsiasi congegno di bloccaggio dovesse esistere, anche di estrema semplicità.

Per quanto in precedenza ricordato il freno di stazionamento agisce nella quasi totalità dei casi bloccando le ruote o, molto raramente, l'albero di trasmissione: entrambe le modalità non sembrano affatto praticabili nel caso delle elepoli. Valutando, infatti, le masse in bilico una soluzione siffatta avrebbe finito per spezzare i terminali degli assi, per cui nella migliore delle ipotesi la sua efficacia sarebbe risultata estremamente breve, forse pochi minuti appena, il tempo necessario per sostituire i serventi alle ruote, o modificare la direzione di avanzamento. Impensabile una sosta prolungata, che del resto non si concilia con la tattica operativa delle elepoli e con la minaccia delle sortite. Più logico allora supporre che il dispositivo di bloccaggio fosse del tipo cosiddetto 'arresto indietreggio', piuttosto che un freno di stazionamento propriamente detto. In pratica si tratta di un meccanismo di sicurezza applicato sui veicoli destinati a manovrare su forti pendenze e che viene inserito prima di intraprendere un passaggio particolarmente impegnativo. Meccanicamente si può distinguere in due modelli fondamentali, entrambi compatibili con la tecnologia delle elepoli. Il primo consta di un puntone, imperniato al di sotto del telaio, mentre il secondo invece di una ruota ad arpioni. In assenza del comando di esclusione, indispensabile poiché l'indietreggiare poteva pure avvenire per sottrarsi ad eccessive reazioni, l'arresto sarebbe entrato in funzione automaticamente al manifestarsi dell'arretramento.

Puntali assi

Stando a quanto in precedenza delineato tanto l'albero motore che gli assi delle elepoli semoventi devono immaginarsi come degli enormi fusti di legno. Quest'ultimi, però, per trascinare le ruote in rotazione dovevano necessariamente avere le estremità a configurazione poligonale, nonchè, per resistere alle sollecitazioni della torsione, di ferro o di bronzo. Certamente sarebbe stato più semplice realizzarli interamente in metallo, ma appare del tutto escluso che la tecnologia dell'epoca fosse in grado di produrre barre del genere. Lunghe una quindicina di metri per una trentina di centimetri di diametro con puntali quadrati, enormi cilindri con massa eccedente la cinquantina di quintali, avrebbero richiesto anche dei congrui cuscinetti, altrettanto mastodontici: logico pertanto supporre un diverso criterio informatore.

L'ipotesi più probabile sembrerebbe consistere nel realizzare in metallo, a sezione quadrata, soltanto la parte terminale degli assi, i puntali, fissandoli con un solido innesto al cilindro di legno. Più in particolare si potrebbe immaginare in merito una soluzione simile, fatte salve le debite proporzioni, a quella impiegata per fissare la cuspide di ferro del giavellotto all'estremità dell'asta. In tal modo si sarebbe ottenuta la sintesi tra le caratteristiche del metallo e del legno, senza insormontabili difficoltà.

L'ipotesi esposta, però, si dimostra senza dubbio idonea per le elepoli semoventi ma soltanto per quelle non dirigibili. Nelle seconde, infatti, il raccordo tra puntale e ruota doveva necessariamente includere un dispositivo di innesto e disinnesto, in maniera cioè alquanto più complessa. E di ciò ancora una volta ci giungono dagli storici riferimenti nebulosi ed enigmatici. Ma prima di affrontarne la trattazione occorre una ulteriore puntualizzazione sulle ruote.

Ruote binate

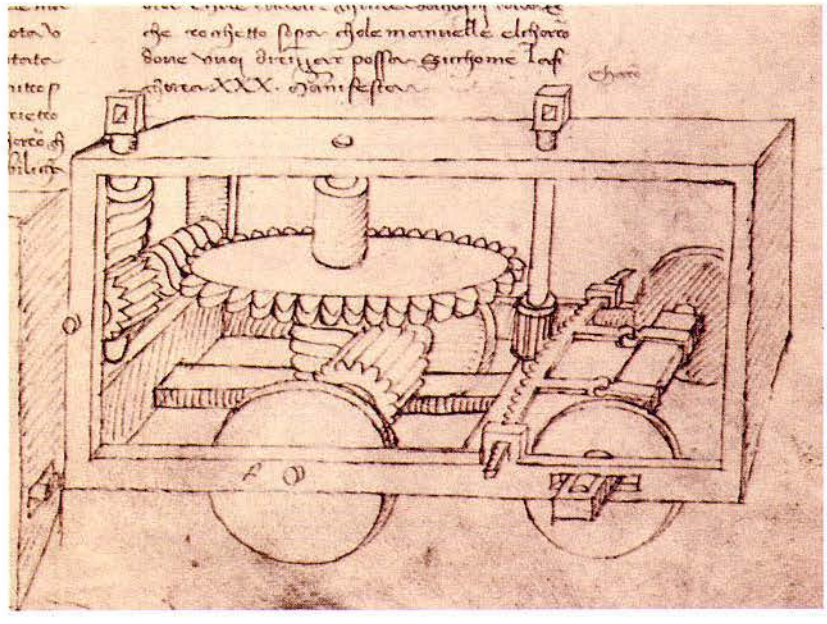
Poiché anche ruote di grande spessore risultavano inadeguate a sostenere l'enorme massa delle elepoli più grandi, non di rado ampiamente eccedente il centinaio di tonnellate, la soluzione più ovvia consistette nell'aumentarne il numero. In pratica la stessa che quotidianamente riscontriamo ogni volta che sorpassiamo un lungo autoarticolato sorretto anche da una ventina di ruote distribuite su molti assi: perchè per aumentare le ruote occorre aumentare gli assi. Il criterio del resto lo avevano perfettamente chiaro pure i progettisti delle elepoli, ma per loro esisteva un problema in più: se con soli due assi far cambiare la direzione di avanzamento appariva improbo, raddoppiandoli sarebbe stato del tutto impossibile.

Eppure scorrendo le fonti si ritrova, e per le elepoli attribuite a Diade lo abbiamo in precedenza citato, con significativa frequenza la menzione di otto ruote, più di rado di sei. Ora, in prima approssimazione, questo dato lascerebbe coerentemente supporre l'adozione di quattro, o tre assi. Ma una impostazione meccanica siffatta contrasta con la concomitante adozione di un dispositivo per dirigere tali macchine. Un ostacolo, infatti,

rende assurda tale semplicistica ipotesi: le grandi elepoli, sulle quali il menzionato dispositivo era istallato di prammatica, risultano in grado di mutare la propria direzione di moto ortogonalmente. Le fonti, infatti, non parlano di modifica discrezionale della direzione, cioè di una sterzata propriamente detta, ma della semplice capacità di andare, oltre ad avanti o indietro, anche a destra o a sinistra. In altri termini il passaggio dalla direzione di marcia originaria a quella successiva non richiedeva una curva più o meno ampia secondo il raggio di volta, come in tutti i nostri autoveicoli. Le elepoli variavano l'orientamento delle ruote di 90°, il che necessariamente implicava una identica variazione per i relativi assi. E' senza dubbio vero che il timone applicato all'avantreno dei carri era in grado di far ruotare l'asse di 90°, ma, anche trascurando l'immenso carico che nella fattispecie si sarebbe concentrato sul suo perno, per una variazione ortogonale d'avanzamento avrebbe dovuto ruotare anche il retrotreno, con la conseguente perdita di equilibrio dell'intera torre.

Per chiarire meglio la manovra delle elepoli, e per una significativa genesi storica, è senza dubbio questa la ragione per cui la torre del gioco degli scacchi può muoversi sulla scacchiera solo ortogonalmente, e non obliquamente! E che tale pezzo rievochi simbolicamente una torre ambulatoria lo dimostra l'inclusione in una compagine di pezzi rappresentanti un esercito in attacco e non in difesa statica come invece avrebbe dovuto implicare una torre in muratura.

Va inoltre ribadito che i carri, sino al secolo scorso, hanno sterzato non angolando le ruote, come negli attuali autoveicoli, ma l'intero asse unica modalità compatibile con le costruzioni in legno, ma solo perché mai eccedenti la larghezza di un paio di metri. Pertanto trasferire una soluzione del genere alle elepoli significa supporre di ruotare quattro, tre o due assi lunghi oltre 15 m con alle estremità ruote di 3 m di diametro, ipotesi demenziale. Senza contare che il peso della torre concentrandosi sul perno dell'asse lo avrebbe immediatamente spezzato o fatto flettere fino a terra. E' al riguardo interessante osservare che tanto Francesco di Giorgio, quanto del resto lo stesso Leonardo non seppero escogitare niente di meglio per rendere direzionali almeno due ruote.



18 - Francesco di Giorgio Martini, dettaglio di un suo carro semovente a quattro ruote di cui due motrici e due direzionali. Le seconde sono collocate su di un asse supportato da una coppia di rulli all'interno di appositi alloggiamenti nei longheroni del telaio. Il comando di sterzata è impartito tramite un pignone verticale impegnato in un settore dentato solidale all'asse.

Otto ruote pertanto per potere essere in qualche modo angolate dovevano trovarsi disposte e raggruppate secondo un diverso criterio fermo restando che per riuscire anche motrici dovevano mantenere il collegamento meccanico con gli assi a puntali quadrati. La più semplice soluzione praticabile resta, a conti fatti, nel caso di macchine ad otto ruote di raggrupparle in coppie, collocandone ciascuna all'estremità di cortissimi alberi. Il suo segmento, compreso fra due ruote e più breve persino del loro spessore, era inserito in un montante verticale posto giusto al di sotto di ognuno dei quattro vertici del telaio di base. In questo modo il carico sostenuto da ciascun asse si distribuisce sulle due ruote binate in modo equilibrato, senza creare distruttive tensioni asimmetriche sui bracci delle stesse. La pressione sul terreno ne risulta dimezzata e la manovra di modifica di direzione diviene senz'altro più agevole, ovviamente attuandosi sempre tramite apposite leve e su ciascuna coppia di ruote separatamente e non contemporaneamente. L'ipotetica soluzione accennata, in pratica, è la stessa che si ritrova adottata nei carrelli multiruote dei grossi aerei civili, o da trasporto militari, dove le ruote sono disposte binate all'estremità di piccoli assi sostenuti centralmente.

Un'ultima osservazione deriva dalla precisione dell'allineamento delle ruote a manovra ultimata che doveva risultare perfettamente concorde per ogni asse. Il che poteva conseguirsi solo con riscontri prestabiliti per le leve di manovra, forse due incastri o fine corsa di idonea consistenza. Una precisione del genere si rendeva indispensabile non tanto per l'esigenza di garantire l'assoluto parallelismo fra tutte le ruote, quanto invece il perfetto allineamento fra gli assi mobili delle ruote ed i due grandi assi fissi dell'elepoli. Il dispositivo in grado di assicurare a ciascuna coppia di ruote quanto descritto tramandatoci con il termine di *invertitore*, obbliga ad una ulteriore digressione.

Invertitori

La capacità di far avanzare ed indietreggiare autonomamente delle costruzioni tanto alte e pesanti deve già esser sembrata all'epoca qualcosa di divino, o di diabolico. Ed, almeno inizialmente, sarà parsa l'unica necessaria alle esigenze del mezzo. Ma, molto verosimilmente, o per difetto di allineamento degli assi, o per diversità nei diametri delle ruote, od anche per disomogeneità della pista in diversi casi nel corso dell'accostamento l'elepoli, invece da descrivere un percorso rettilineo, derivava su di un lato. L'anomalia costituiva un gravissimo problema: uno scarto iniziale anche modestissimo tendeva progressivamente ad accentuarsi. Essendo la larghezza delle rampe di poco superiore a quella della torre, il rischio che questa potesse caderne fuori diveniva allora temibile.

Impossibile correggerne l'avanzamento, implicando il parziale sollevamento della stessa, impossibile allargare la rampa: unico rimedio tornare dietro e ripetere la manovra con un diverso orientamento iniziale. Ma in che modo si sarebbe potuto stabilire preventivamente l'angolo di compensazione per evitare di accostare a destra od a sinistra?

Soltanto con la grande torre di Demetrio Poliorcete tale deficienza sembra trovare un superamento, stando a quanto gli storici ci tramandano al riguardo. Sappiamo, come

in precedenza accennato, di enigmatici organi direzionali, certamente rudimentali, ma senza dubbio in grado di far mutare ortogonalmente la direzione di avanzamento anche a macchine con otto ruote di 140 t. Una esplicita conferma della loro esistenza si rintraccia pure nelle pagine di Vitruvio, che, proprio per evitare qualsiasi equivoco citiamo in originale. Dunque scriveva l'illustre trattatista al riguardo che:

> *"Supponanturque in singulis intervallis eorum arbusculae, quae grasce amaxopodes dicuntur, in quibus versantur rotarum axes conclusi lamnis ferreis. Eaque arbusculae ita sint temperatae ut habeant cardines et foramina, quo vectes traiecti versationes earum expediant, uti ante et post et ad dextrum seu sinistrum latus, sive oblique ad angulos opus fuerit, ad id per arbuscolas versatis progredi possint..."* (**50**).

Il brano tradotto dal solito umanista precisa che:

> *"...compongasi insieme una basa over sustentacolo per questa machina, la qual si fa quadrata, la quale in greco si chiama* scanteria, *; la qual sia per ogni verso sia vinticinque piedi et habbia quatro transversarie, e queste se incatenano con due altre di grossezza di un piede, di larghezza di mezzo, et ognuno delle loro intervalli se li mecta socto arbuscule, la qual in greco si chiamano* amaxopode, *cioè piedi del carro, nelle quale se li voltino li axi delle rote et inclusevi con lame di ferro. E queste arbuscole si temperano e fanno, per modo che hanno li cardini e li fori, nelli quali si mettan le stanghe che le possino expeditamente voltare innante et indietro et a dextra et a sinistra, overo in cantone, aciochè queste cose si possino fare con l'aiuto delle ditte arbucule..."* (**51**).

Mai come in questo caso la traduzione aggiunge ben poco al brano: forse il maggior apporto si coglie nell'accenno ad apposite stanghe utilizzate per modificare la direzione. Volendo, inoltre, meglio precisare il significato del termine tecnico *amaxopodes* in greco *amaxipodes*, risulta letteralmente quello riportato da Fabio Calvo, cioè *il piede del carro*. Meno scolasticamente deve intendersi, e su ciò convengono alquanti studiosi, l'alloggiamento predisposto per gli assi delle ruote trattenendoveli con bandelle di ferro.Si sarebbe cioè trattato di una sorta di boccole con piastra di fermo in ferro. Per il resto il brano di Vitruvio appare di straordinaria chiarezza soltanto relativamente alla finalità di tali dispositivi, tramite i quali riusciva possibile far avanzare la macchina, farla retrocedere, ma soprattutto farla andare anche a destra o a sinistra, ovvero combinando le due direzioni, obliquamente, quando ciò fosse indispensabile. Precisa inoltre Ateneo il Meccanico che gli organi preposti a quest'ultima funzione, venivano ricordati con il nome di *invertitori* ed occorrevano delle grandi leve per utilizzarli.

Quanto però alla esatta modalità di funzionamento e come la manovra venisse effettuata, nulla traspare pure dal suo scritto. Secondo qualche studioso comparando Vitruvio ed Ateneo sono possibili in merito agli *invertitori* ipotizzare due diverse sequen-

---

50 - Da VITRUVIO, *De architettura*, lib. X, cap. XX.

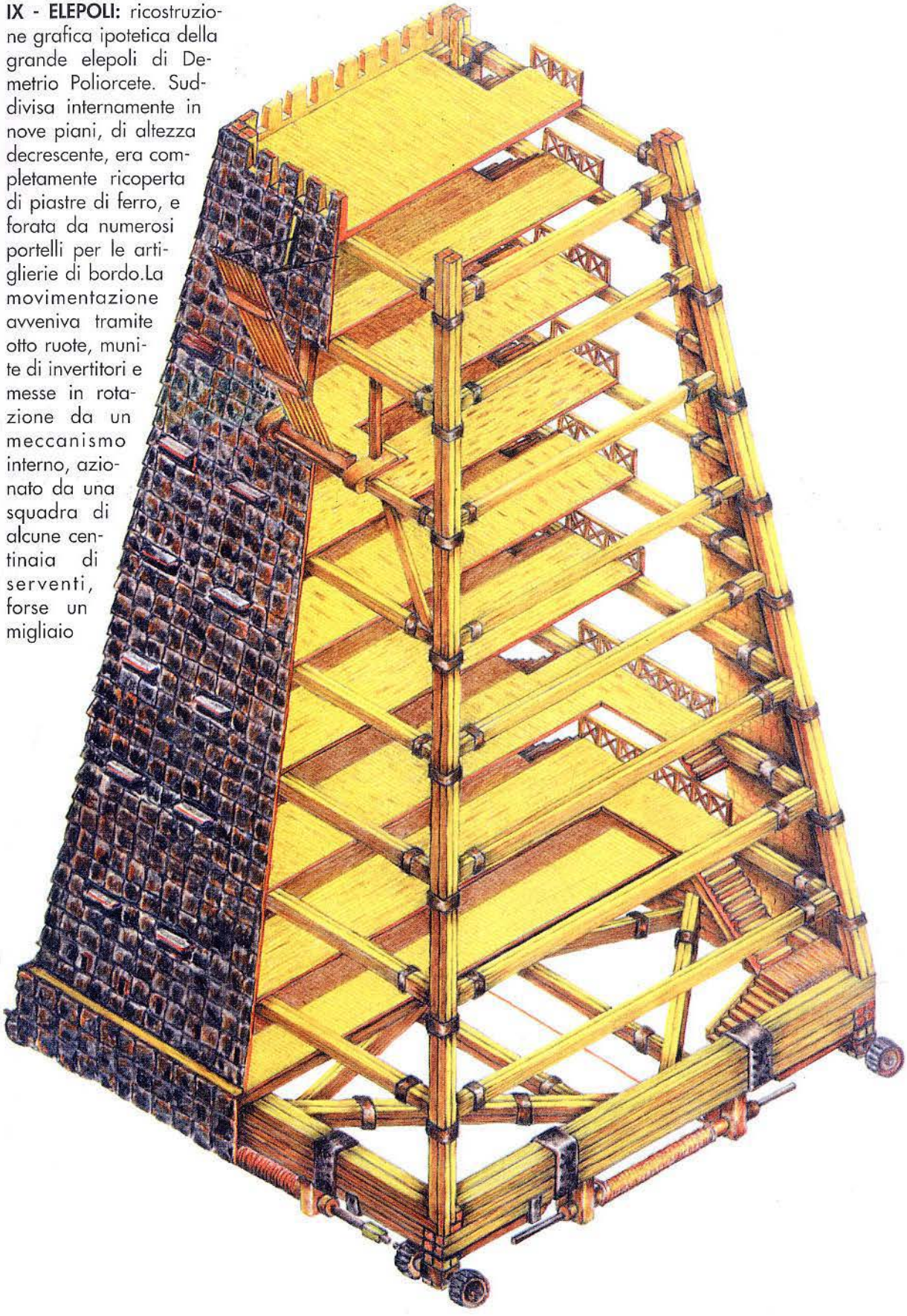
51 - La citazione è tratta da, *Il* De architettura *di Vitruvio...*, cit., p. 398, corrispondente a lib. X, cap. XX.

ze per ottenere il cambio ortogonale di direzione delle ruote. Una prima sarebbe consistita, dando per scontata la presenza al di sotto degli spigoli di base delle elepoli di due coppie perpendicolari di alloggiamenti alternativi per l'asse di ciascuna ruota, di agire con lunghe leve per spostare il suddetto asse dall'uno all'altro. Ripetendo quattro volte la medesima operazione alla fine la torre avrebbe avuto tutte le ruote orientate ortogonalmente rispetto a prima. Inutile aggiungere che questo sistema, anche trascurando l'enormità del carico che gravava su di una singola ruota, oltre 25 t, impossibile da sollevare con semplici leve, non fornisce la benché minima spiegazione sulla continuità della trasmissione motrice dopo il cambio di direzione. Né, peraltro, si può presumere che tale espediente fosse riservato solo all'asse anteriore, pertanto direzionale, riservando l'altro a ricevere la forza motrice, come nei moderni autoveicoli a trazione posteriore, poiché l'angolo imposto alle ruote essendo di 90° finiva per opporre le ruote davanti a quelle di dietro bloccando qualsiasi avanzamento.

Discorso ancora meno credibile per la seconda maniera ipotizzata, e per il carico sull'asse e per la trasmissione del moto, che immagina ciascuna ruota dotata di un proprio alberino in un supporto ad **U** rovesciato, con perno verticale intorno al quale girare liberamente. Fatte salve le debite proporzioni sarebbe le medesima configurazione dei ruotini posti sotto i carrelli dei supermarket.

Stando a Diodoro Siculo nel 304 a.C. Demetrio Poliorcete nel corso dell'assedio di Rodi costruì una elepoli di eccezionale grandezza e di sofisticata meccanica. Così la descrive in dettaglio:

> *"Dopo di aver preparato una grande quantità di svariati materiali, fece costruire una macchina chiamata Elepoli, di una grandezza notevolmente superiore a quelle fino ad allora note. Diede infatti a ciascun lato della sua piattaforma quadrata una lunghezza di circa 50 cubiti (m 23.1), realizzandola mediante un assemblaggio di montanti di legno a sezione quadrata legati con bandelle di ferro; divise lo spazio interno tramite travi distanti l'una dall'altra circa un cubito (cm 46.2), in maniera che vi potessero prendere posto quelli incaricati di condurre innanzi la macchina.*
>
> *Tutta questa massa era mobile, sostenuta da otto ruote, solide e di grandi dimensioni; i loro cerchi infatti erano larghi 2 cubiti (cm 92.4) rivestiti da robuste piastre di ferro. Per la traslazione laterale era stata dotata di invertitori, grazie ai quali l'insieme della macchina poteva facilmente essere mossa in qualsiasi direzione.*
>
> *Agli spigoli aveva dei montanti di lunghezza uguale, di poco inferiore ai 100 cubiti (46.2 m, ai quali era stata impartita una inclinazione tale che, in questa costruzione che comprendeva in tutto nove piani, il primo aveva una superficie di 43 akaines (circa 468 mq) e l'ultimo di 9 (circa 98 mq). Tre lati della macchina furono rivestiti esternamente con piastre di ferro chiodate, affinché i dardi incendiari non potessero arrecare alcun danno.*
>
> *I piani, dal lato del nemico, disponevano di finestre, la cui grandezza e forma erano adatte alle caratteristiche delle macchine da lancio che vi si volevano porre in batteria; queste finestre avevano dei portelli che si sollevavano tramite un congegno e che assicuravano la protezione di quelli, che*



IX - ELEPOLI: ricostruzione grafica ipotetica della grande elepoli di Demetrio Poliorcete. Suddivisa internamente in nove piani, di altezza decrescente, era completamente ricoperta di piastre di ferro, e forata da numerosi portelli per le artiglierie di bordo.La movimentazione avveniva tramite otto ruote, munite di invertitori e messe in rotazione da un meccanismo interno, azionato da una squadra di alcune centinaia di serventi, forse un migliaio

nei vari piani erano adibiti al servizio delle macchine da lancio, poiché erano rivestiti di pelle ed imbottiti di lana, per ammortizzare i colpi delle baliste [si tratta di un dispositivo simile ai portelli di murata dei vascelli a vela del XVIII sec. n.d.A.].

Ciascun piano aveva due scale: una di esse serviva per innalzare i materiali necessari, l'altra per discendere, in modo che tutto si svolgesse con il massimo ordine. Quelli che avevano l'incarico di far avanzare la macchina erano stati scelti nell'intero esercito per la loro forza ed erano in numero di 3.400; alcuni di loro stavano posizionati all'interno, altri più indietro, sui lati, e tutti spingevano avanti la macchina, il cui movimento era fortemente agevolato da congegni meccanici." (**52**).

A sua volta Vitruvio rielaborando altre fonti relative alla medesima grande elepoli ce ne tramanda le seguenti caratteristiche salienti:

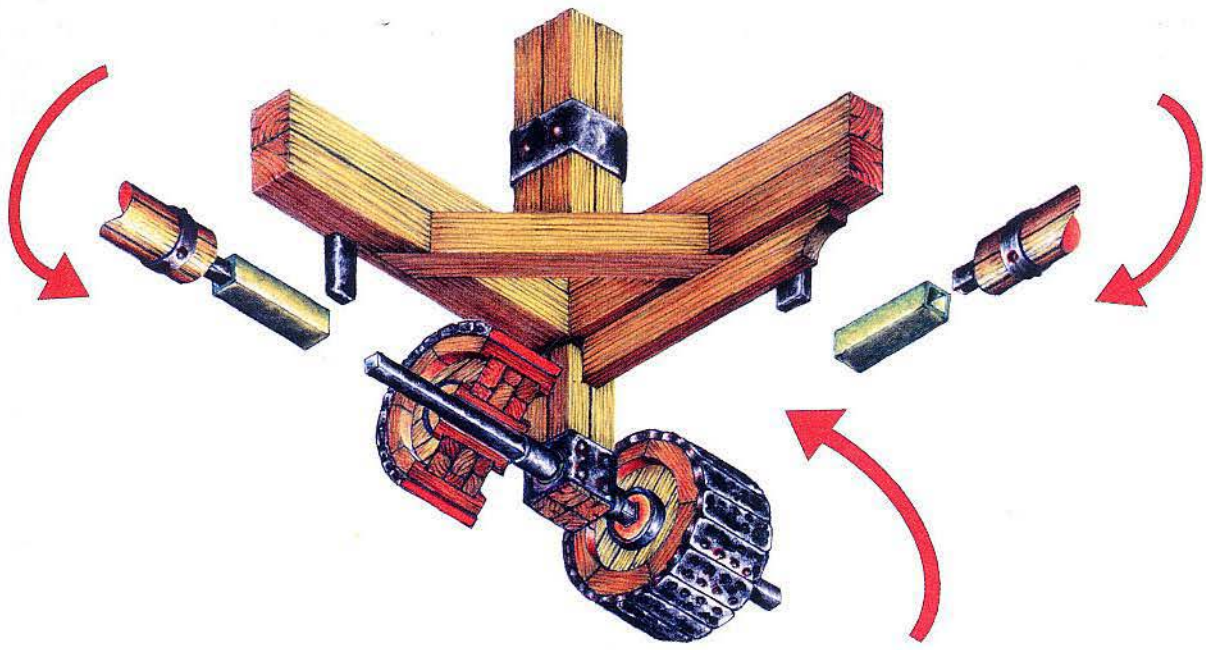
"In questo tempo Demetrio, re rodiano, el qual per pertinacia dell'animo, si chiamava Poliorcete, cioè expugnator di ciptate, faccendo guerra contro a Rodo, menò seco un nobile architecto ateniese chiamato Epimacho, el qual compose una helepole, con gran fatica et industria e con grandissima spesa, alto centivinticinque piedi, largo sexanta; la quale havea contornata di cilici overo schiavine e corii crudi, la qual cosa lo fe' che potesse resistere alli colpi delle baliste che gettassero peso di trecento sexantamila libri..." (**53**).

In linea sempre di larga massima, ma di rigida osservanza della coerenza meccanica, volendo ipotizzare meglio gli enigmatici *invertitori* li si deve supporre come delle grosse leve, non a caso già definite *stanghe*, solidali all'asse, con movimento prestabilito e fermo di sicurezza. Solo così tornava effettuabile una manovra tanto gravosa e delicata in alcuni minuti e con relativa facilità. Assodato, inoltre, che le ruote delle torri potevano mutare ortogonalmente di direzione, si deve necessariamente concludere che per effettuare tale manovra e mantenere, prima e dopo, la continuità della trasmissione motrice gli assi fossero quattro. Più esattamente due coppie fra loro complanari e perpendicolari, posizionate immediatamente al di sotto dei travi perimetrali della piattaforma di base. Mediante appositi giunti mobili, in pratica dei tubi quadrati scorrevoli probabilmente di bronzo, riusciva alquanto facile accoppiare i puntali di ferro quadro di un asse con il puntale sempre di ferro quadro dell'alberino delle ruote binate: bastava infatti far scorrere il tubo in modo da collocarsi sopra entrambi.

---

52 - La citazione di DIODORO, XX, 851, è tratta da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 231. La traduzione è dell'A.

53 - La citazione è tratta da, *Il* De architettura *di Vitruvio...*, cit., p. 403.



X - INVERTITORE: ricostruzione grafica ipotetica del sistema di cambio di direzione di avanzamento e di trasmissione del moto tramite gli *invertitori*.La tavola è relativa ad una unica coppia di ruote:ben evidente la stanga di manovra ed i suoi finecorsa, nonché i tubi quadrati di accoppiamento e le due linee di grandi assi motori ortogonali.

Ciò premesso circa la trasmissione della rotazione ad innesto discontinuo, la modifica di direzione sarebbe potuta avvenire scollegando il puntale quadro delle ruote dal puntale quadro del grande asse frontale, spostando il tubo di giuntaggio. Liberata una coppia di ruote, agendo con la stanga sul relativo perno se ne modificava l'orientamento di 90°. Completata accortamente la manovra, fino cioè a far aderire la stanga ai finecorsa, il puntale quadro delle ruote si veniva a trovare allineato perfettamente, ed a brevissima distanza, dal puntale quadro del grande asse laterale. Bastava, allora, spostarne il tubo di giuntaggio, portandolo ad infilarsi anche sul puntale delle ruote per aver innestato nuovamente la trazione. Compiuta l'identica operazione per le altre tre coppie di ruote l'elepoli era pronta a riprendere l'avanzamento verso destra o verso sinistra: per la disponibilità di braccia è presumibile che quanto descritto si potesse attuare in pochi minuti, senza eccessivi sforzi. La trasmissione a fune garantiva la medesima forza di trazione, indipendentemente dalla direzione degli assi, senza alcun ulteriore intervento: con quella a cinghia od a catena sarebbe stato impossibile.

Da quanto appena esposto risulta evidente che l'elepoli non poteva avanzare obliquamente, come il brano citato sembrava invece lasciar supporre: tale avanzamento, in pratica, era semplicemente la risultante di diverse modifiche di direzioni ortogonali.

Al di la delle caratteristiche tecniche degli *invertitori*, appare comunque implicito che macchine tanto grandi e complesse richiedessero una accorta e sapiente guida, una sorta di pilota. Questi a sua volta per poter espletare al meglio il suo compito necessitava, innanzitutto, di un buon campo visivo, in particolare nella fase di accostamento. Ora, ricordando che qualsiasi scarto dalla direttrice prefissata poteva trasformarsi in un disa-

stro, occorre immaginare una specie di cabina di comando. Questa per ovvie ragioni doveva trovarsi sulla parte bassa della macchina stessa, da dove fosse non solo possibile controllare attentamente il terreno antistante ma valutare con esattezza la traiettoria tenuta rispetto a quella prevista, avvalendosi magari di traguardi ottici o riscontri sulla rampa.

Assurdo supporre che una funzione tanto delicata potesse compiersi dall'alto, per giunta senza un adeguato passavoce fino alle grandi ruote motrici, dove tra il cigolio degli assi e l'urlare degli uomini nessun comando poteva udirsi, anche se emesso con trombe.

Ovviamente anche in questo caso nulla ci suggeriscono le fonti per cui è probabile che il comandante della macchina si collocasse semplicemente sulla sua piattaforma di base nella parte anteriore in corrispondenza di una feritoia. Contrariamente a quanto presumibile, la suddetta posizione non risultava eccessivamente rischiosa, come in generale tutte le analoghe dietro le feritoie più basse: per imboccarle, infatti, sarebbe occorso che le artiglierie della difesa tirassero con traiettoria parallela alla rampa a pochi metri d'altezza. Ma le caratteristiche strutturali delle fortificazioni non lo consentivano.

Blindatura

Molti trattatisti coevi descrivendo le elepoli tengono a precisare che le più evolute e temibili erano rivestite di piastre di ferro su tre lati, sia per resistere al fuoco che ai dardi ed alle palle delle artiglierie meccaniche. Una protezione siffatta, ovviamente, incrementava il peso di tali macchine in maniera rilevante, rendendone perciò ancora più problematico e complesso l'assemblaggio.

Le strutture portanti, infatti, oltre a dover garantire la stabilità di una costruzione tanto imponente, dovevano anche sopportarne la corazzatura assicurando la piena tenuta delle innumerevoli piastre di ferro che la componevano. Un eventuale loro distacco, infatti, rappresentava un evento particolarmente temuto, e per la pericolosità di quanti operavano al suo piede e, soprattutto, perché rimaneva esposto il sottostante fasciame di legno, al quale riusciva così facilissimo appiccarvi il fuoco. Di un simile evento ne abbiamo accurata menzione a carico di un'altra grande elepoli fatta costruire da Demetrio Poliorcete. Apprendiamo infatti da Diodoro Siculo che:

> *"...alcune delle piastre di ferro che la ricoprivano si erano staccate, e nel punto messo a nudo i dardi incendiari iniziarono ad aggredire il rivestimento di legno della torre.*
>
> *Demetrio temendo che il fuoco potesse estendersi distruggendo l'intera macchina, si trovò dunque costretto ad intervenire e si prodigò servendosi delle riserve di acqua poste al piano inferiore di soffocare l'incendio che si sviluppava. Infine, egli richiamò col suono delle trombe gli uomini incaricati della manovra della macchina e gliela fece ricondurre indietro, fuori dalla gittata delle armi da lancio..."*(**54**).

---

54 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 233.

A ben guardare l'intera manovra descritta è del tutto simile a quelle effettuate nel corso delle battaglie navali dalle imbarcazioni con principi d'incendio alle sovrastrutture: dapprima l'equipaggio si prodigava per estinguere le fiamme prelevando acqua dal mare, mediante una catena di secchi. Quindi, richiedendosi l'impegno di tutti per evitare la perdita dell'unità, s'impartiva l'ordine di abbandonare la formazione, allargandosi e rompendo il contatto balistico con il nemico.

Peso delle elepoli

Stando a Vitruvio le elepoli maggiori, non di rado, superavano abbondantemente le cento tonnellate di peso, dettaglio che le rende ancora una volta molto somiglianti alle navi, le sole altre costruzioni di legno di stazza confrontabile. E' facile immaginare che alla formazione di tanta massa contribuiva vistosamente la blindatura di ferro: supponendola estesa sulle tre facce e realizzata con piastre di circa 5 mm di spessore in media, ne costituiva poco meno della metà, attestandosi intorno alla cinquantina di tonnellate. Un'altro non indifferente contribuito deve ravvisarsi nelle riserve d'acqua e quindi nelle innumerevoli bandelle di ferro indispensabili per irrigidire i numerosi giunti delle infinite travi e tavole, oltre ovviamente ai meccanismi di locomozione. Intuibili le difficoltà derivanti dal rendere capace una struttura tanto mastodontica di muoversi, superando per giunta considerevoli pendenze senza collassare sotto la sua stessa mole. Non può affatto escludersi che a tanta maestria si fosse pervenuti dopo ricorrenti disastri di improbo accertamento.

Per la verità qualche crollo per imperfetta costruzione si rintraccia nelle fonti più pignole: considerando che a nessun comandante fece mai piacere essere ricordato per eventi del genere, è sensato concludere che nella realtà tali incidenti fossero tutt'altro che rari. Così al riguardo il solito Flavio Giuseppe, nel corso dell'assedio di Gerusalemme:

> *"La notte successiva anche i romani caddero senza ragione in preda del panico. Tito aveva fatto costruire tre torri di cinquanta cubiti* [circa 24 m] *collocandole su ognuno dei terrapieni per bersagliare i difensori delle mura, e nel mezzo della notte una rovinò da sola. Si produsse un immenso fragore che causò scompiglio nell'esercito, e tutti corsero alle armi credendo che si trattasse di un attacco nemico. Nelle legioni si diffusero turbamento e confusione..."* (**55**).

Perfettamente comprensibile che il crollo spontaneo fosse scambiato per un contrattacco nemico mirante appunto a distruggere una di quelle micidiali macchine. Non a caso al riguardo scriveva Flavio Vegezio che:

> *"...E' anche in uso, quando i nemici dormono, far scendere con le corde uomini provvisti di lanterne accese, i quali, dato fuoco alle macchine, sono tratti sulle mura..."*(**56**).

---

55 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 237, corrispondente a VI, 2.

56 - Da FLAVIO RENATO VEGEZIO, *L'arte...*, cit., p. 167, corrispondente a lib. IV cap. XVII.

Sempre a causa dell'eccessivo peso sappiamo ancora di casi in cui l'avanzamento delle elepoli si dimostrò quasi impossibile. Nel 291 a.C., ad esempio, Demetrio Poliorcete realizzò una torre per espugnare Tebe, e la costruì così grande da rendersi necessario l'impiego di opportune leve per la sua manovra, il che lascia credere che si trattasse comunque di un tipo semovente. Tuttavia l'avanzamento avveniva con una tale difficoltà ed esasperante lentezza da compiere appena due stadi, pari a circa 370 m, in due mesi, con una velocità media di 6 m al giorno!

Nell'esempio appena esposto stupisce che l'elopoli intraprenda la manovra semovente di accostamento da una distanza eccedente l'abituale gittata delle artiglierie della difesa.

L'anomalia può spiegarsi ricordando che per molti studiosi le catapulte del III secolo, del tipo a torsione, erano talmente potenti ed evolute da potere tirare fino ai 400 m, distanza peraltro direttamente proporzionale alla loro altezza da terra, peculiarità che finì per far elevare a dismisura le torri. Diviene nella fattispecie estremamente probabile che si sia trattato di entrambe le evenienze, ovvero di artiglierie molto evolute posizionate su fortificazioni molto alte. Un interessante, e per molti aspetti divertente, episodio relativo alla distanza di avvicinamento dell'elepoli si rintraccia anche nel *De bello gallico*. Scriveva dunque Cesare che:

> *"...*[gli Aduatuci] *si erano chiusi in città. Quando videro che i Romani, avendo completato il terrapieno con l'impiego delle testuggini, avevano avviato la costruzione di una torre ad una considerevole distanza, iniziarono a schernirli dagli spalti ed a chiedergli strillando perché innalzare una macchina tanto grande a così grande distanza: con quali mani l'avrebbero spinta e con quali forze uomini tanto piccoli (la maggior parte dei Galli, infatti, per la notevole corporatura disprezzava la bassezza dei Romani) potevano sperare di muovere una torre così pesante?*
>
> *Ma quando si accorsero che la torre si muoveva e si avvicinava alle mura, atterriti dalla cosa ignota e incredibile, inviarono ambasciatori a Cesare per trattare la pace. Questi dissero che non credevano possibile che i Romani facessero la guerra senza l'aiuto divino dal momento che potevano far avanzare macchine tanto alte con tanta velocità..."* (**57**).

Nel brano si coglie agevolmente, pur nella notoria laconicità cesariana, che l'elepoli veniva costruita a discreta distanza dalle mura nemiche, mentre i genieri protetti dalle testuggini ne approntavano la rampa di accostamento. Secondariamente che avanza autonomamente e velocemente, senza che nessuno la spingesse, nonostante la sue enorme mole. Ed il terrore dei Galli scaturiva proprio dall'autolocomozione, che per la loro rozza cultura poteva spiegarsi soltanto in termini di intervento divino.

Per restare ancora al peso eccessivo di alcune elepoli ed alle sue conseguenze da un altro esempio apprendiamo che dinanzi ad Argo, pressappoco negli stessi anni, i soldati, nonostante i loro spossanti sforzi, non riescono a far avanzare la torre contro le mura,

---

57 - Al riguardo cfr. A. SETTIA, *Comuni...*, cit., p. 263.

inchiodata sul terreno dalla sua colossale stazza. In quella circostanza si ricorse, per incitarli ad un ultimo spasmodico slancio, al suono delle trombe. L'improvviso clamore determinò negli uomini, ormai avviliti, un estremo sussulto di orgoglio stimolandoli a superare le resistenze meccaniche. Ma il problema appare anche in questo caso sempre lo stesso, ovvero il bassissimo rapporto peso/potenza dell'apparato motore delle elepoli, valore che diviene critico, o del tutto insufficiente, quando cresce la pendenza della rampa o la sua scabrosità.

Rapporto peso potenza

Calcolare quale fosse la potenza motrice necessaria alla movimentazione delle grosse elepoli si dimostra, ovviamente, di improba quantizzazione. Tuttavia, supponendo, come le fonti sembrano accreditare, che la macchina di Poseidonio fosse propulsa da un apparato motore costituito da un cabestano con sedici grosse stanghe, possiamo motivatamente credere che ciascuna delle stesse fosse spinta da almeno cinque uomini. Il dato non è del tutto inverosimile, essendo quello il numero di serventi impiegati per la manovra degli enormi remi delle maggiori unità da combattimento dell'epoca. Considerando che da allora tanto la prassi quanto l'entità dei forzati rimasero sostanzialmente immutate per i successivi 20 secoli nelle unità militari di punta, si ha la conferma dell'ipotesi. Ora, sempre in via teorica, supponendo che ogni uomo possa erogare sotto sforzo, quindi per brevi intervalli, una potenza di circa 300 watt al massimo, un motore del genere avrebbe fornito, sempre per un breve intervallo ma prolungabile indefinitamente avvicendando i serventi, una potenza di circa 24 kw, con picchi estremi di una trentina, pari ad una quarantina di hp al massimo.

Il dato per noi abituati con le potenze dei nostri autoveicoli di gran lunga superiori fa certamente sorridere. Occorre però ricordare che le elepoli non dovevano correre a 200 km/h, cioè a 55 m/sec, ma avanzare a velocità, si fa per dire, dell'ordine di 56 m all'ora, od anche molto meno, entità che consentiva rapporti di demoltiplicazioni enormemente superiori a quelli adottati da un moderno riduttore per mezzi pesanti.

Continuando l'indagine ipotetica sulle potenze motrici delle elepoli, diamo per scontato, per semplicità di calcolo, che la catena cinematica trasferisca interamente tale potenza alle ruote senza alcuna perdita, soprattutto per attrito. Supponendo che la macchina in esame sia una elepoli di media dimensione, priva di blindatura di ferro, pesante perciò una trentina di tonnellate, si ottiene un rapporto peso/potenza di 1 hp/t. Ancora una volta il dato ci appare di insignificante entità, riecheggiando nella nostra mente i quasi mille cavalli montati sulle scocche di mezza tonnellata delle *Formula 1*!

In realtà, però, anche in questo caso l'entità non appare affatto incongrua all'esigenza ed è interessante ricordare che nel *tank* britannico del primo conflitto mondiale, denominato Mark IMale lo stesso rapporto si attestava a 4/1. L'entità è senza dubbio superiore ma non certo stravolgente tanto più che quei rozzi corazzati, di circa 25 t, riuscivano a raggiungere i 10 km/h su strada e meno della metà su terreno accidentato, con una autonomia di poche decine. Ed anche quella ridicola velocità risulta incomparabilmente superiore a quella delle elepoli che pertanto, con opportune riduzioni, a conti fatti pote-

vano disporre di coppie motrici probabilmente persino superiori a parità di peso.

Un'ultima affinità sembra cogliersi fra le due tipologie confrontate: all'interno dei suddetti *tank* si trovavano armi automatiche ed artiglieri disposti come in una casamatta rinascimentale. La soluzione appare esattamente analoga a quella adottata millenni prima per le artiglierie meccaniche ed i relativi serventi nelle elepoli. E se nel 1917 quei buffi carri armati vennero ribattezzati 'fortezze marcianti', la definizione non è lontanissima da quella di 'torre ambulatoria', ritrovandosi in entrambi i casi abbinato al nome di una fortificazione, statica per antonomasia, un esplicito attributo di movimento!

Peso unitario sul terreno

Da quanto in precedenza esposto non risulta eccezionale per le elepoli maggiori una stazza di oltre cento tonnellate. Tale peso, ripartito strutturalmente, equivaleva ad un carico oscillante fra le 20-30 t per spigolo, o le 50-60 per asse, valore che con l'adozione di ruote binate subiva un vantaggioso dimezzamento ai fini della pressione sul terreno. Ricordando che la cerchiatura delle ruote, per la loro enorme dimensione, era ottenuta mediante l'applicazione di piastre piane, ciascuna di circa mezzo metro quadro di superficie, ne derivava che le 20-30 t a spigolo si trasformavano in 2-3 kg/cmq sul terreno.

Non si tratta di valori in assoluto straordinari: tuttavia per ricavarne una più comprensibile idea sulla concreta entità di tale pressione e sulle eventuali conseguenze è interessante fornire qualche raffronto. Un moderno carro armato di una quarantina di tonnellate, esercita tramite i suoi cingoli una pressione sul terreno non di molto superiore ad 1 kg/cmq, mentre per gli edifici in muratura si tende a non oltrepassare il valore massimo di 2 kg/cmq in fondazione. Il dato fisico induce a supporre che le rampe d'assalto adottate per l'accostamento delle elepoli, non fossero costituite da semplice terra battuta, almeno in superficie, ma lastricate con pesanti e larghi basoli di roccia dura e levigata. Considerando però che rocce idonee non sono dovunque disponibili, una soluzione alternativa avrebbe potuto consistere nell'impiego di massicce travi di legno affiancate, poste magari su palificate, in modo da ripartire meglio l'enorme carico che per pochi minuti ciascuna di esse doveva sopportare, esattamente come millenni dopo si farà con le traverse ferroviarie.

Di sicuro l'ipotesi del basolato resta la più praticabile e praticata ed alla nutrita esperienza formatasi in materia deve, molto verosimilmente, ricondursi il criterio informatore delle mitiche strade romane. Emblematicamente la prima e la maggiore di esse fu l'Appia, la cui costruzione venne avviata nel 312 a.C., quindi pochi decenni dopo le descritte grandi elepoli. La sua realizzazione fu opera di tecnici militari e sempre strettamente militare rimase la competenza del settore. Pertanto osservando i resti di quelle strade è possibile ricavare un'idea delle rampe ossidionali destinate all'elepoli. Persino il ricorso a platee di pali sui quali veniva posata la loro massicciata nelle aree acquitrinose o nei terreni cedevoli ne costituirebbe una ulteriore reminiscenza. E proprio questa tecnica spiegherebbe il perché degli altrimenti inspiegabili inestinguibili incendi dei terrapieni tramandatici dalle fonti.

Pendenze massime superabili

Più volte è stato ribadito che raramente l'accostamento delle elepoli potette avvenire su terreno pianeggiante e non appositamente preparato. Il perché si spiega evidenziando che in tutte le fortificazioni il ciglio del fossato, quando esistente, od il piede delle cortine, si costruirono sempre con una discreta preminenza sul circostante piano di campagna, propriamente detta *dominio*, onde rendere più efficace la difesa. Per conseguenza l'itinerario che le grandi macchine erano costrette a compiere per guadagnarli, dovendone superare il dislivello, avveniva con una inclinazione più o meno ripida. E tale connotazione finiva per mettere contemporaneamente alla prova tanto la forza fisica degli equipaggi quanto la stabilità verticale delle elepoli. Quest'ultima costituiva, senza dubbio, il loro peggiore fattore critico al punto che per attenuarlo se ne rastremò al massimo il volume.

Si spiega così la puntigliosa indicazione, tramandataci da tutti i trattatisti dell'antichità, sulla riduzione della superficie delle piattaforme delle elepoli al crescere della loro altezza da terra. La contrazione che rendeva l'impalcato di copertura pari ad un quinto della base, oltre a fornirci per siffatte macchine una connotazione geometrica troncopiramidale quadrata a forte inclinazione, ci testimonia la piena consapevolezza dei ristrettissimi ambiti della loro stabilità verticale. Poiché la costruzione di una siffatta altissima struttura in legno è particolarmente complicata da eseguire, la ragione di tanta accortezza deve individuarsi appunto nell'esigenza di garantirle, oltre ad una considerevole stabilità su rampe a notevole pendenza, anche la più ampia tolleranza alle inevitabili oscillazioni provocate dal movimento su superfici non perfettamente piane.

Infatti, erigendo una torre ambulatoria con le facce perfettamente verticali, ovvero secondo una configurazione parallelepipeda quadrata anche la sua massa, in prima approssimazione, sarebbe risultata omogeneamente ripartita lungo l'intera altezza. Dandole il valore di 30 m su di una base di 10 m per lato, sarebbe bastata una pendenza, in una qualsiasi direzione, anche di soli 20°, per provacarne l'abbattimento. Tale angolo, che su terreno pianeggiante appena battuto sembra, apparentemente, irraggiungibile, si manifesta in tutta la sua pericolosa consequenzialità allorquando il movimento avviene su rampe, bastando per attingerlo una loro monta del 30%, valore, come già osservato, affatto eccezionale.

Rastremando, invece, un'elepoli di pari altezza, secondo le citate prescrizioni, l'angolo di abbattimento saliva a 35°, pari ad una pendenza del 70%, pendenza alla quale nessuna rampa giungeva mai.

La fin troppo ovvia soluzione tradiva, però, una grave controindicazione: ampliando eccessivamente la base, oltre alle intuibili difficoltà tecniche si provocava un abnorme allungamento del ponte volante, la cui luce non poteva in alcun modo eccedere precisi e ristretti limiti. Per artigliare i parapetti doveva superare le contrapposte inclinazioni della scarpa delle mura e delle facciata dell'elepoli, ovvero attingere quasi una dozzina di metri. Una campata del genere sembrerebbe troppo ampia per leggere passerelle destinate a ricevere una folla compatta di assaltatori, tuttavia sappiamo, sebbene in epoche più recenti, di ponti analoghi capaci di superare persino luci di 24 m (**57**).

---

57 - Al riguardo cfr. A. SETTIA, *Comuni...*, cit., p. 263.

Resta però estremamente probabile che la maggior parte delle elepoli e la quasi totalità delle torri ambulatorie, le meno sofisticate e più elementari, cioè quelle trascurate dai cronisti in quanto tradizionali e per forma e per dimensione, avessero una rastremazione forse persino più accentuata ma soltanto sul lato posteriore. Essendo quello opposto alla direzione di accostamento risultava anche il più sollecitato dalla rampa inclinata. Gli altri tre, invece, sarebbero rimasti sostanzialmente perpendicolari: la macchina avrebbe perciò ostentato una configurazione analoga a quella delle scale impiegate per salire sui moderni aerei passeggeri.

Armamento

Come più volte ricordato, le torri ambulatorie e le elepoli in particolare disponevano di un proprio armamento offensivo, tanto maggiore quanto maggiore era la loro mole. La sua presenza deve relazionarsi alla stessa tattica d'impiego che prevedeva, quale fase preliminare dell'assalto, il concentramento del tiro effettuato dalla loro sommità sugli assediati, per sopprimerli od allontanarli dagli spalti.

In linea di massima sappiamo che le artiglierie meccaniche venivano piazzate sui vari interponti delle elepoli, in corrispondenza di apposite feritoie, opportunamente dimensionate e debitamente schermate da portelli corazzati. La logica adottata, la stessa dei vascelli da battaglia, prevedeva armi di calibro maggiore in basso e via via minori verso la sommità. Pertanto le grosse baliste occupavano i piani inferiori, e ciò per una serie di stringenti vantaggi. Innanzitutto avrebbero così beneficiato di un più ampio spazio di brandeggio e punteria; inoltre il loro munizionamento, costituito da pesanti palle di pietra sarebbe risultato meno gravoso e lento; infine, con la loro massa avrebbero contribuito a stabilizzare l'elepoli. Va inoltre osservato che a differenza delle catapulte, capaci di scagliare verrettoni con qualsiasi angolo sopra o sotto l'orizzontale, le baliste non erano in grado di tirare in depressione, ovvero dall'alto verso il basso. La palla che costituiva abitualmente il loro proietto non forniva un sufficiente attrito una volta posizionata nel canale di lancio dell'arma per restarvi inerte, ma sarebbe rotolata via. Assurdo, pertanto, piazzare anche le baliste di piccolo calibro a quote superiori a quella degli spalti assediati.

Una puntuale testimonianza di quanto delineato si coglie nel 306 a.C. allorquando il solito Demetrio Poliorcete all'assedio di Salamina fece costruire una elepoli :

> *"...che aveva una larghezza di 45 cubiti* [m 20.8] *per ciascun lato, ed una altezza di 90 cubiti* [m 41.5], *ed era divisa in nove piani e si muoveva tramite quattro solide ruote alte 8 cubiti* [m 3.7]... *Nell'elepoli, ai piani inferiori mise in posizione delle macchine petrobole di tutti i calibri, delle quali le più pesanti erano da tre talenti* [78 kg], *ai piani intermedi della catapulte oxibele di grande calibro, ed ai piani superiori le più leggere delle oxibele nonché una grande quantità di petrobole, oltre a duecento uomini destinati al buon servizio di tali macchine... "*(**58**)

58 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 229.

Occorre un'ultima precisazione circa le artiglierie petrobole, di piccolo calibro collocate sui piani superiori dell'elepoli, che con la loro presenza sembrerebbero contraddire quanto sopra osservato. Si tratta senza dubbio di macchine destinate a scagliare pietre, e non dardi, ma di proietti del genere le fonti ce ne hanno tramandato di due distinte tipologie, ovvero le palle e le pietre. La prima ovviamente consiste in sfere di pietra di qualsiasi diametro; la seconda invece non ha un riferimento geometrico altrettanto preciso, né deve intendersi, semplicisticamente, come sassi raccattati da terra senza alcun tipo di lavorazione. E', invece, estremamente probabile che con tale definizione si siano intesi dei proietti oblunghi, o persino cilindrici, idonei al tiro con punteria in depressione contro le sovrastrutture delle fortificazioni. La questione sarà meglio approfondita nella parte relativa alle munizioni delle artiglierie a torsione.

Tornando alle elepoli ed al loro armamento, per quanto si può arguire dalle fonti sulla piattaforma sommitale prendevano posizione gli arcieri: facilmente immaginabile l'esito complessivo di quel micidiale spiegamento di tiro. La distribuzione delle armi offensive non sembra subire nel corso dei secoli alcuna modifica, tant'è che quasi quattrocento anni dopo il brano appena citato Flavio Giuseppe tramanda una concordante sintetica testimonianza, sempre relativa all'assedio di Gerusalemme:

> *"I Giudei, che per il resto opponevano una valorosa resistenza, subivano gravi perdite dalle torri; erano infatti esposti al tiro delle macchine più leggere piazzate su di quelle, oltre che dei lanciatori di giavellotto, degli arcieri e dei frombolieri.*
>
> *A controbattere costoro, essi non arrivavano per la loro altezza, né erano in grado di eliminare le torri, non potendo rovesciarle facilmente per la loro mole e nemmeno appiccarvi il fuoco dato che erano ricoperte di ferro. Se poi si ritiravano fuori tiro non potevano più ostacolare l'azione degli arieti, i cui colpi incessanti producevano sempre più effetto..."* (**59**).

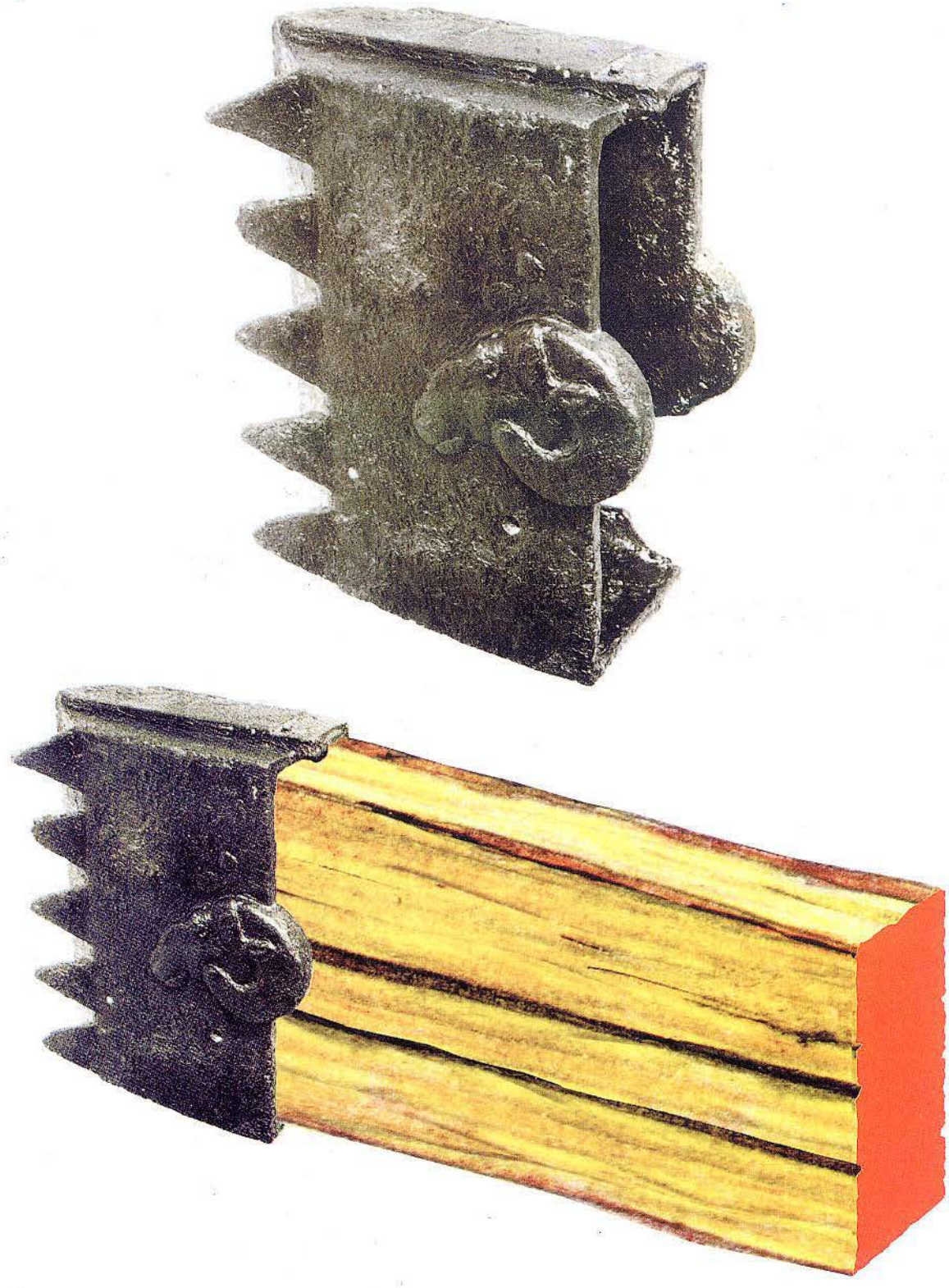
Elepoli arietarie

Nell'ultimo brano citato l'Autore ci informa che, mentre le torri con il loro nutrito lancio di dardi e palle tengono a bada i difensori allontanandoli dalle mura od impedendogli di affacciarvisi tra le merlature, gli arieti impegnati alla loro base continuano a sconnetterne i grossi conci con impatti incessanti.

Il cosiddetto ariete rappresenta il congegno ossidionale più antico: originariamente, forse intorno alla metà del II millennio a.C., l'ariete non è ancora una macchina da urto, ma una sorta di palanchino gigante. Stando infatti ai rarissimi ritrovamenti archeologici si trattava di una lunga trave con puntale cuneiforme di bronzo. Facile ipotizzarne l'impiego consistente non nel percuotere i conci di pietra ma nello scalzarli.

---

59 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. II, p. 237, corrispondente a VI, 2.



19 - Testa di bronzo di ariete ritrovata ad Olimpia, di epoca ellenistica. Le sue dimensioni e le sue caratteristiche escludono che potesse essere impiegata per la percussione. Si tratta in effetti di una sorta di un puntale di un enorme palanchino, valido forse per disarticolare le porte, forse per svellere i conci a secco di arcaiche muraglie.

Forse furono gli Assiri che osservando la maniera di battersi dei caproni trasformarono quella esperienza pastorale in un congegno ossidionale propriamente detto, la cui efficacia demolitrice cresceva al crescere del suo peso e della relativa velocità d'impatto. Il che comportò la sostituzione della trave con un enorme tronco d'albero e del puntale con una grande testa d'ariete di bronzo, fungente da massa battente. Tra l'VIII ed il V secolo a.C. gli storici classici descrivono arieti giganteschi manovrati da migliaia di serventi. Tuttavia simili mostruosità, al di là dell'improba difficoltà di coordinarne il movimento, ponevano problemi di trasporto insolubili, per cui vanno riguardate alla stregua di estemporanee realizzazioni in regioni pianeggianti.

Con l'abituale senso pratico, i Romani dotarono le loro legioni di arieti standard di gran lunga più piccoli, ma incomparabilmente più facili da movimentare. Per ridurre l'esposizione dei serventi munirono siffatte macchine di scudatura orizzontale, a *testuggine*, che valse alla stesse il nome di **ariete testudinato**. Circa la curiosa denominazione della protezione passiva, che a giusta ragione potrebbe definirsi una sorta di scudo collettivo ambulante, deve ricondursi alla sua analogia formale e funzionale con il carapace dell'omonimo rettile, di cui peraltro l'intera macchina riproduceva il goffo e lentissimo incedere.

In pratica constava di un solido telaio ruotato, da cui spiccavano alquante coppie di montanti di quercia sorreggenti una robusta copertura lignea a doppio spiovente. L'inclinazione delle falde favoriva l'allontanamento dei proiettili esattamente come il tetto di una abitazione la neve. Nel caso, però, di dardi ustori o peggio di liquidi incendiari, la protezione offerta dai tavoloni si trasformava in grave minaccia: i dardi vi si conficcavano solidamente appiccandogli il fuoco ed i liquidi filtravano dalle loro connessure bruciando i serventi. La soluzione escogita fu esattamente analoga a quella già descritta per le elepoli, consistendo nel rivestimento con pelli fresche, appena scuoiate. In età medievale, essendosi nel frattempo moltiplicate e perfezionate le miscele pirofore quell'ingenua contromisura non bastò più. Si sostituirono allora le pelli con piastre metalliche, soluzione, peraltro, che si ritrova sporadicamente già in età classica.

L'accresciuto peso della scudatura obbligò ad adottare capriate al posto delle travi di olmo e larghe ruote simili a rulli, rendendo l'intera macchina ancora più tozza e lenta, in particolare quando era dotata di un grosso ariete.

Al pari degli arieti inseriti nelle testuggini se ne realizzarono anche alcuni inseriti alla base delle torri, partendo dal presupposto che nel corso del loro attacco si potesse anche battere con quelli il piede delle mura. In genere, però, si preferì mantenere sempre distinte le due tipologie di macchine, per le differenti condizioni d'impiego. Inoltre l'ingombro di un grosso ariete sulla piattaforma della torre avrebbe costretto ad un apparato motore più piccolo, rendendo l'avanzamento ancora più faticoso e per giunta più pesante l'intera torre.

PARTE SECONDA

Artiglieria Meccanica a Flessione

Artiglieria elastica a flessione

I prodromi

La storia delle artiglierie meccaniche sembra prendere l'avvio in Sicilia agli albori del IV secolo a. C.. Si sarebbe trattato dell'estrema conseguenza di una ennesima spedizione punica compiuta nel 409, nel corso della quale l'apparato militare della potente Siracusa non fu in grado di rintuzzare l'offensiva, per meschine rivalità interne. Nelle violenze che ne derivarono scampò miracolosamente alla morte un certo Dionisio, giovane di straordinaria ambizione ed assoluta mancanza di scrupoli. Di lì a breve, infatti, profilandosi una nuova aggressione punica nel 405, riuscì a farsi proclamare stratego autocrate delle milizie all'età di appena 25 anni, concentrando così nelle sue mani la quasi totalità dei poteri dello Stato. Ovviamente la cittadinanza interpretò tale manovra come premessa della tirannide, ma per la gravità del momento la ritenne di gran lunga il minore dei mali.

20 a, b - Siracusa, veduta aerea della penisola di Ortigia, il nucleo storico originale della città greca antecedente ai grandiosi ampliamenti di Dioniso. Lo specchio di mare a mezzogiorno ne costituisce il Porto Grande, mentre quello a tramontana il Porto Piccolo.

21 - Nella foto aerea relativa ad un dettaglio del centro storico di Siracusa si scorge, abbastanza chiaramente fra un gruppo di basse e grosse costruzioni moderne, un'area con ruderi e giardini: si tratta dell'Apollonion, antico tempio di Apollo. Nei suoi immediati paraggi stava, secondo la tradizione, il palazzo di Dionisio.

Tanta tolleranza non deve stupire eccessivamente poiché, come giustamente è stato rilevato, i: "...Sicelioti non erano mai disposti a sottomettersi neppure a un tiranno del luogo a meno che non fossero sul punto di essere sopraffatti dai Cartaginesi. Non appena il pericolo si allontanava diventavano insofferenti e non appena ad un tiranno abile ne succedeva uno più inetto essi rovesciavano il regime dispotico e ricadevano nel particolarismo e nell'impotenza collettiva, finché il successivo attacco cartaginese non offriva l'occasione propizia ad un altro Siceliota che aspirava al potere tirannico. La storia della Sicilia greca fu quindi una successione di periodi di unità, pagati a prezzo della tirannide, che si alternavano a periodi di libertà, pagati a prezzo della disunione..."(**1**).

Nessuna meraviglia, pertanto, che il giovanissimo comandante supremo ed assoluto, riconosciuto signore di Siracusa, per circostanze del tutto fortuite, anche dai Cartaginesi, ponesse quale obiettivo prioritario del suo governo il potenziamento degli armamenti. Sapeva perfettamente, infatti, che la fedeltà dei suoi sudditi era puramente occasionale, e che la tregua con i nemici di sempre andava ricondotta ad un effimero armistizio. Secondo un copione destinato da allora in poi a conoscere innumerevoli repliche, Dionisio, ritenne che la sua unica speranza fosse riposta in un temibile apparato militare.

---

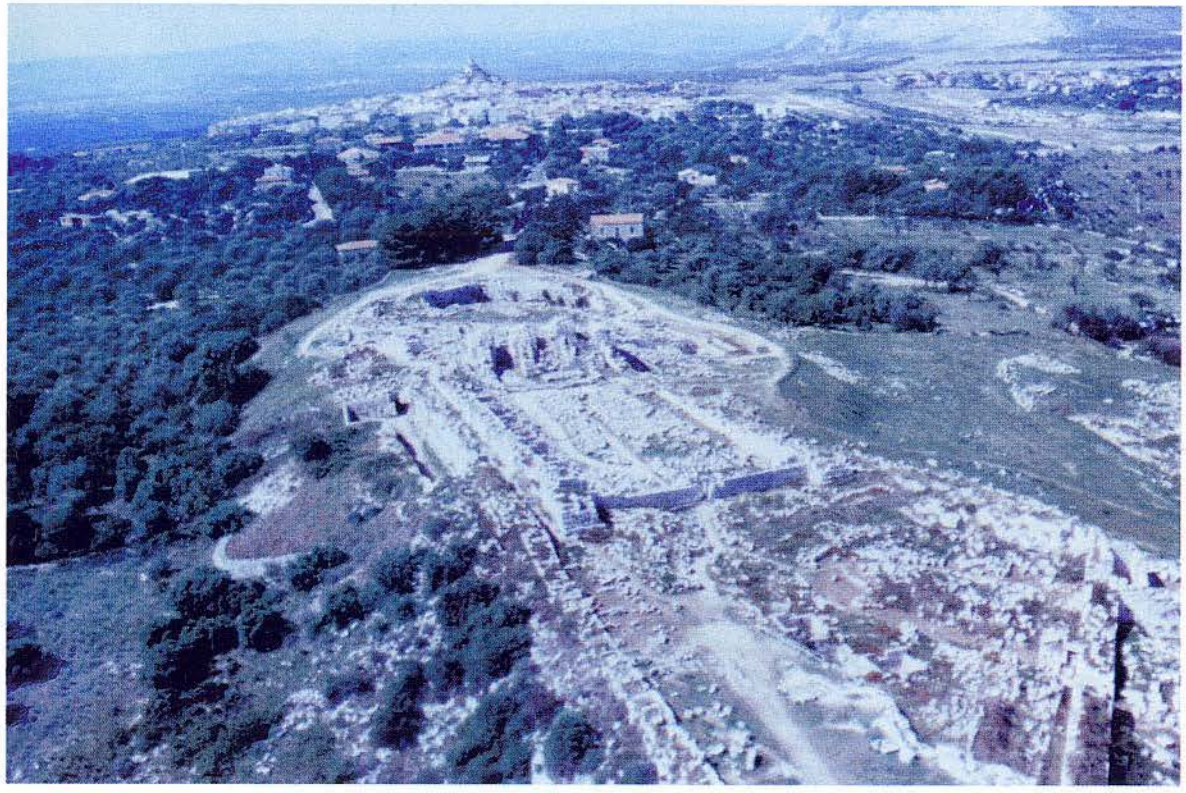
1 - Da A.J.TOYNBEE, *L'eredità di Annibale, Roma e l'Italia prima di Annibale,* Torino 1981, p. 28.

Da quel momento si prodigò per creare una possente flotta da guerra ed un efficientissimo esercito, dotando entrambe le istituzioni di mezzi abbondanti e tecnicamente all'avanguardia. Per gli storici fu sicuramente quello il contesto in cui il volitivo personaggio maturò l'intento di fortificare in maniera poderosa Siracusa adottando criteri architettonici avveniristici in quanto congrui ad armamenti rivoluzionari.

In particolare la sommità della terrazza dell'Epipole, sovrastante l'abitato, si reputò ideale per insediarvi il massimo caposaldo difensivo. Sarebbe stato il munitissimo vertice di due articolate muraglie che, risalendo dal mare lungo i due convergenti ciglioni del colle, avrebbero serrato al loro interno la città. Sorse così Castello Eurialo, tatticamente finalizzato a fornire una base inespugnabile per le operazioni di contrattacco e strategicamente proteso a far desistere ogni potenziale aggressore dall'assalire Siracusa. In dettaglio, secondo le più accreditate ipotesi, nel brevissimo arco di un quinquennio:"... cioè dal 402 al 397, fu data esecuzione al castello, secondo i piani di Dionisio, utilizzando le opere preesistenti; furono cioè aperti i fossati, scavate le gallerie, costruito il tripylon d'ingresso all'Epipole con una rudimentale porta a tenaglia... "(**2**). In prima approssimazione nulla di nuovo, tranne il debutto dell'interdizione attiva per la quale si articolò l'intera mitica opera, ben materializzata dal triplice ordine di fossati, condotti da un estremo all'altro della collina.

---

2 - Da L.MAUCERI, *Il castello Eurialo nella storia e nell'arte*, Catania 1981, pp. 47 - 48.



22 - Siracusa, scorcio dei ruderi di Castello Eurialo, inquadrati da Est. Ben evidente alla fine della spianata di macerie la mole delle famose cinque torri che sovrastavano il terzo fossato. Poco più innanzi l'inconfondibile tagliata del secondo fossato.

23 - Siracusa, scorcio dei ruderi di Castello Eurialo, inquadrati da Ovest. Ben evidenti i resti delle cinque torri ed il triplice ordine di fossati con le relative grandi feritoie dei camminamenti sotterranei.

E proprio tra il primo ed il secondo si coglie, come accennato nella premessa, nonostante il degrado delle strutture, la suddetta rivoluzionaria concezione, rappresentata da un'ampia e nuda superficie rocciosa. Si trattava di un micidiale ostacolo, praticamente insuperabile senza immense perdite: radendo la sua piatta distesa, infatti, le artiglierie meccaniche della difesa battevano ogni punto, incrociando i tiri. Armi del tutto ignote in una struttura eretta per esaltarne la letalità. Ma nemmeno questo parve sufficiente al tiranno, poiché fece aprire nelle dura roccia un altro fossato ancora, corrente anch'esso da un'estremità all'altra del colle, con andamento simmetrico al precedente e dimensioni maggiori. Più sofistica la sua difesa attiva, comprendente una complessa galleria da riguardarsi come una antesignana teoria di casamatte 'traditore'. Dalle sue feritoie, accortamente defilate, le armi da lancio potevano spazzarne il fondo, sopprimendo qualsiasi incauto violatore nemico, comunque vi fosse penetrato.

Se nessuno studioso mette in discussione che l'Eurialo fu la prima fortificazione ad essere accortamente progettata per l'armamento balistico meccanico, non altrettanta sicurezza si riscontra circa l'avvento di quest'ultimo. In altri termini, le artiglierie elastiche comparvero proprio allora, su iniziativa di Dionisio, o già esistevano altrove, sia pure in forma imprecisata e rozza? I pareri sono al riguardo molto discordi: secondo alcuni è estremamente probabile che i Cartaginesi disponessero da tempo di armi del genere e forse le utilizzarono persino nel 409 durante l'assedio di Selinunte. In tal caso la vera inno-

vazione del tiranno sarebbe consistita, e non era affatto poco, nella integrazione fra opere murarie ed armi da lancio. Pertanto la sua spasmodica volontà di dotarsene sarebbe scaturita soltanto dalla necessità di risollevare il morale dei suoi soldati, afflitti dallo spettro di un nemico tecnologicamente superiore. Per altri storici, invece, in realtà, i Cartaginesi a Selinunte non disponevano di nessuna artiglieria meccanica ma solo di macchine ossidionali elementari, quali arieti e torri ambulatorie, per cui il primato inventivo di quelle armi è interamente di Dionisio.

Più probabile, tuttavia, ravvisare in entrambe le tesi una parziale fondatezza: armi da lancio, in forma senza dubbio rudimentale, di modestissima potenza e di scarsa efficacia, dovevano rientrare nell'armamento dei Punici, e forse già dei Fenici, che a loro volta le avrebbero copiate dagli Assiri. In conclusione, con sufficiente attendibilità è lecito presumere che almeno i basilari criteri informatori di siffatti congegni fossero, allo scadere del V secolo a.C., discretamente noti nelle città più evolute del Mediterraneo. Si spiega così il comportamento del tiranno, che anelante a disporre di tali armi, e non potendole ovviamente importare si prodigò per importare i massimi cervelli scientifici. Senza alcun indugio Dionisio per assicurarsi i migliori ed i più reputati tecnici del settore della meccanica applicata agli armamenti e delle costruzioni militari in genere, non badò a spese. Pertanto: "...per realizzare i suoi armamenti, Dionigi fece appello a operai venuti da tutte le città sottomesse al suo dominio. Ma ne fece anche venire dall'Italia, dalla Grecia ed anche dalla stessa Cartagine, attirati, tutti, dalla lusinga di salari alti accompagnati da sostanziosi 'premi di produzione'... Un armamento considerevole era stato dunque costituito, si può supporre, attraverso utili confronti tra tutti i modelli realizzati..."(3).

Ne derivò una antesignana corsa agli armamenti, la cui prima fase, già allora, implicò un dinamica industrializzazione metallurgica. Ecco come rievoca quella straordinaria impresa Diodoro Siculo:

> *"Senza più indugi... riunì operai qualificati, alcuni venuti per requisizione dalle città che gli erano sottomesse, altri attratti dall'Italia e dalla Grecia, e anche dall'impero cartaginese, dalla prospettiva di alti salari. In effetti aveva intenzione di costruire una grandissima quantità di armature e ogni sorta di armi da getto, oltre a navi a quattro e cinque file di rematori, un tipo di navi che fino ad allora non era ancora mai stato messo in cantiere. Una volta concentrato un gran numero di operai qualificati, li suddivise in laboratori specializzati, pose alla loro testa i notabili della città, e propose importanti ricompense ai fabbricanti di armature. Fece anche distribuire dei modelli per ogni tipo di armatura, dal momento che aveva messo insieme mercenari di parecchie nazionalità; badava infatti di equipaggiare ogni soldato con l'armatura che gli era familiare, comprendendo che in tal modo il suo esercito avrebbe suscitato una forte impressione e che, in battaglia, tutti i combattenti avrebbero fatto il miglior uso dell'equipaggiamento cui erano avvezzi. Poiché dal canto loro i siracusani ave-*

3 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p. 174.

vano a cuore di assecondare i progetti di Dionigi, accadde che la fabbricazione delle armature fu oggetto di grande emulazione. Non solo nel vestibolo e nello spazio retrostante i templi, come nei ginnasi e nei portici dei mercati non vi era luogo che non fosse pieno di lavoratori, ma anche nelle case più degne di nota, indipendentemente dai luoghi pubblici, si fabbricavano armature in grande quantità. Sta di fatto che proprio allora a Siracusa fu inventata la catapulta, in seguito alla concentrazione in un luogo solo di eccellenti operai qualificati venuti da ogni dove, fece da molla al loro zelo l'importanza dei salari e la quantità di premi offerti a chi fosse giudicato il migliore. Dionigi inoltre, nelle visite quotidiane ai lavoratori, rivolgeva loro parole benevole, faceva regali ai più zelanti e li invitava a mangiare con lui. Per questo gli operai, in preda a un'emulazione straordinaria, immaginarono numerose armi da traino e macchine nuove, capaci di rendere grandi servigi..."(**4**).

Quale fosse nel frattempo il clima che si respirava nella città durante quella immane opera lo possiamo agevolmente immaginare dalla precisazione di altri storici secondo i quali: "...i temènoi dei templi, i portici delle piazze, i ginnasi e le case dei più cospicui cittadini furono occupati da una miriade di operai per apprestare armi e difese. Nel volgere di pochi mesi furono allestiti 140.000 scudi ed altrettante spade ed elmi; furono fabbricate 14.000 corazze..."(**5**). Senza contare quella che costituiva indubbiamente la punta di diamante di una potenza rivierasca: una flotta da battaglia di diverse centinaia di grosse unità.

Cronologicamente quanto ricordato va collocato intorno al 399 a.C., allorquando Dionisio il Vecchio: "...preparò la sua città a una lunga guerra contro Cartagine intraprendendo un programma di ricerca e di sviluppo. Utilizzando tecniche oggi familiari, come la formazione di grandi *équipe* di specialisti, la divisione del lavoro per frazionare i compiti in unità facilmente padroneggiabili e il ricorso a incentivi finanziari e psicologici. Da questo programma... [i] tecnici di Dionisio progettarono anche le prime catapulte..."(**6**). E le nuovissime armi da lancio conobbero subito il collaudo di guerra, impiegandosi poco dopo, nel 397, contro Motia, l'isola fortezza dei Cartaginesi, loro principale base navale in Sicilia.

Quell'investimento per vari aspetti può ritenersi una tappa nodale della poliorcetica: emblematicamente in esso non solo si ravvisa il debutto delle artiglierie meccaniche, ma soprattutto l'avvio della conduzione scientifica degli assedi, destinata a riproporsi, senza soluzioni di continuità, nei successivi 23 secoli, fin quasi a pochi decenni or sono. I riscontri sono facilmente individuabili nello stesso comportamento di Dionisio. Il tiranno,

---

4 - La citazione è tratta da Y.GARLAN, *Guerra e società...*, cit., p.233, ed è relativa al brano di Diodoro Siculo XIV, 3-42, 2.

5 - Da L.MAUCERI, *Il castello...*, cit., p.11.

6 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche catapulte*, in *Le Scienze*, n° 129, maggio 1979, p.86.

infatti, nell'occasione si portò personalmente a ridosso delle mura nemiche per studiarne le fortificazione insieme con i suoi ingegneri, ovvero per individuarne e valutarne, dialetticamente, i punti deboli dove cioè concentrare l'offesa delle sue terribili armi ossidionali. In altri termini da quel momento:"...l'assedio non è più solamente un atto di valore, di impeto e di assalto. Si tratta ormai di un problema tecnico. Le macchine erano state rivolte ad un tempo contro la fortezza e contro un'eventuale flotta di soccorso. Quando quest'ultima arrivò, sotto il comando di Imilcone, le si puntarono contro le catapulte, queste nuove armi da lancio che dunque in questo frangente avrebbero fatto la loro comparsa «e di cui si faceva in questo caso uso per la prima volta»: esse provocarono un grande spavento. Le catapulte allontanarono inoltre i difensori dalle mura, che potevano essere abbattute con gli arieti. Altrove si facevano agire torri mobili, in legno a sei piani... Era dunque la prima volta che un assalto moderno veniva condotto con un dispiego di materiale così imponente, con forze così ingenti e utilizzate così razionalmente. Una tecnica nuova era effettivamente nata e non sorprende che subito dopo abbia potuto fare la sua comparsa un primo trattato sull'arte degli assedi..."(7).

Una precisazione a commento dell'episodio esposto si impone: da quanto appena citato la supposizione che i Cartaginesi disponessero da diverso tempo di analoghe artiglierie meccaniche sembra essere smentita del tutto, mentre si rafforza l'impiego da parte degli stessi di archetipi rudimentali di tali armi. Come spiegare altrimenti il terrore prodotto dalla vista di quelle siracusane, sia sui difensori sia sugli equipaggi delle navi da guerra? Se completamente ignote non avrebbero suscitato alcun timore, come pure, paradossalmente, se perfettamente note! Logico perciò concludere che la connotazione delle artiglierie di Dionisio proprio perché concettualmente affini a quelle puniche ne lasciava dedurre l'inusitata potenza. La somiglianza non deve destare eccessiva meraviglia poiché tanto le une quanto le altre, sempre concettualmente, ricordavano le primitive balestre orientali, fatte risalire ad oltre otto secoli prima.

Le prime tracce

Per quanto è possibile attualmente accertare la più remota fortificazione sembrerebbe quella che racchiude la Gerico preceramica, risalente all'incirca all'VIII millennio a.C. In sostanza l'opera si può equiparare ad massiccio muro di pietre al quale si innesta, tangenzialmente, un avancorpo cilindrico altrettanto rozzamente edificato, nel quale si ravvisa una antesignana torre (8). Quale che sia stato il criterio informatore della remotissima struttura difensiva, è indubbio che se le suddette definizioni di torre o di avancorpo lo rispecchiano sia pur minimamente, vi si potrebbe motivatamente scorgere un barlume di fiancheggiamento. Il dato ci indurrebbe a concludere che nella storia delle fortificazioni, per quanto indietro si possa rimontare, si rintracciano conferme della convenienza di respingere gli assalitori con lanci di dardi con traiettoria parallela alle mura e non esclusi-

---

7 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p.174.

8 - In merito cfr. V.G.CHILDE, *Il progresso nel mondo antico*, Milano 1973, pp. 50-51.

vamente perpendicolare. Tattica, senza dubbio, molto più evoluta e letale dell'ingenuo tiro di sassi dalla loro sommità.

Tecnicamente parlando quanto delineato non risulta affatto anacronistico: la condizione strettamente necessaria all'attuazione di un rudimentale fiancheggiamento, infatti, va individuata unicamente nella accertata disponibilità di armi telecinetiche. E di armi del genere, cioè capaci, in termini concreti, di scagliare ad una discreta distanza e con traiettorie più o meno rettilinee sassi o dardi dall'impatto letale, ne esistevano anche in quel lontanissimo scorcio preistorico, alquante. Sebbene fossero caratterizzate da innumerevoli varianti etniche possono facilmente ricondursi tutte a due distinte tipologie, quella della fionda e quella dell'arco, impiegate e costantemente perfezionate già da almeno venti millenni! Poiché tanto la fionda quanto l'arco più che armi propriamente dette sono soltanto dei propulsori indispensabili per accelerare a sufficienza i rispettivi proietti, le suddette diversificazioni si concentravano esclusivamente su di loro e non già sul relativo principio di funzionamento. Che nel primo caso consisteva nello sfruttare la forza centrifuga e nel secondo quella fornita dalla deformazione elastica di una verga di legno.

La fortificazione, quindi, sia pure in via teorica avrebbe potuto avvalersi di tale potenzialità e la supposizione trova conferme, sempre più frequenti e sempre meno opinabili, a partire dal IV millennio a.C. (**9**). La preminenza assegnata al tiro laterale, di fiancheggiamento, è fossilizzata nei resti delle cerchie di tante protocittà le cui difese: "...meritano una particolare attenzione, dato che in quei tempi furono create tutte le forme elementari di cui l'architettura militare si sarebbe alimentata per cinquemila anni..."(**10**).

Ad Hacilar, nell'attuale Turchia meridionale, sono stati rinvenuti i ruderi di una fortezza risalente al 5400 a.C.. La sua difesa consisteva in una muraglia nettamente distinta dalle case, spessa circa 3 m, lungo il cui estradosso sono riconoscibili alcuni corpi sporgenti in grado di consentire un rudimentale fiancheggiamento.

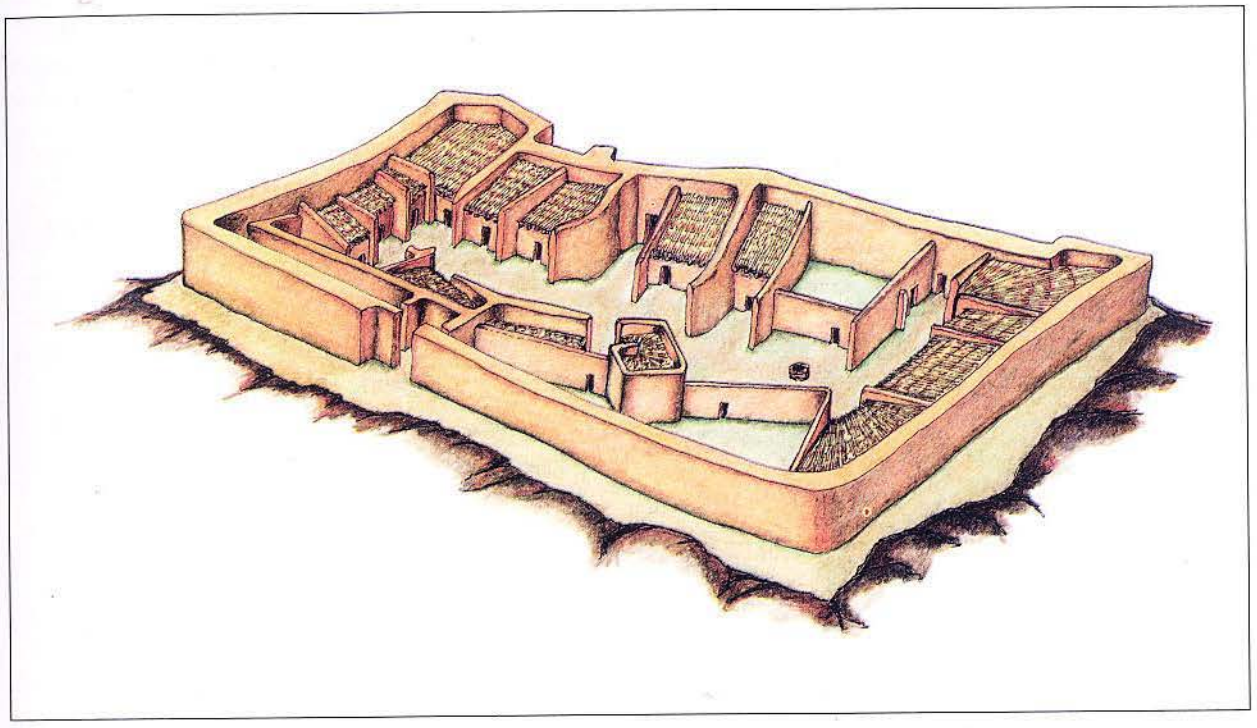
---

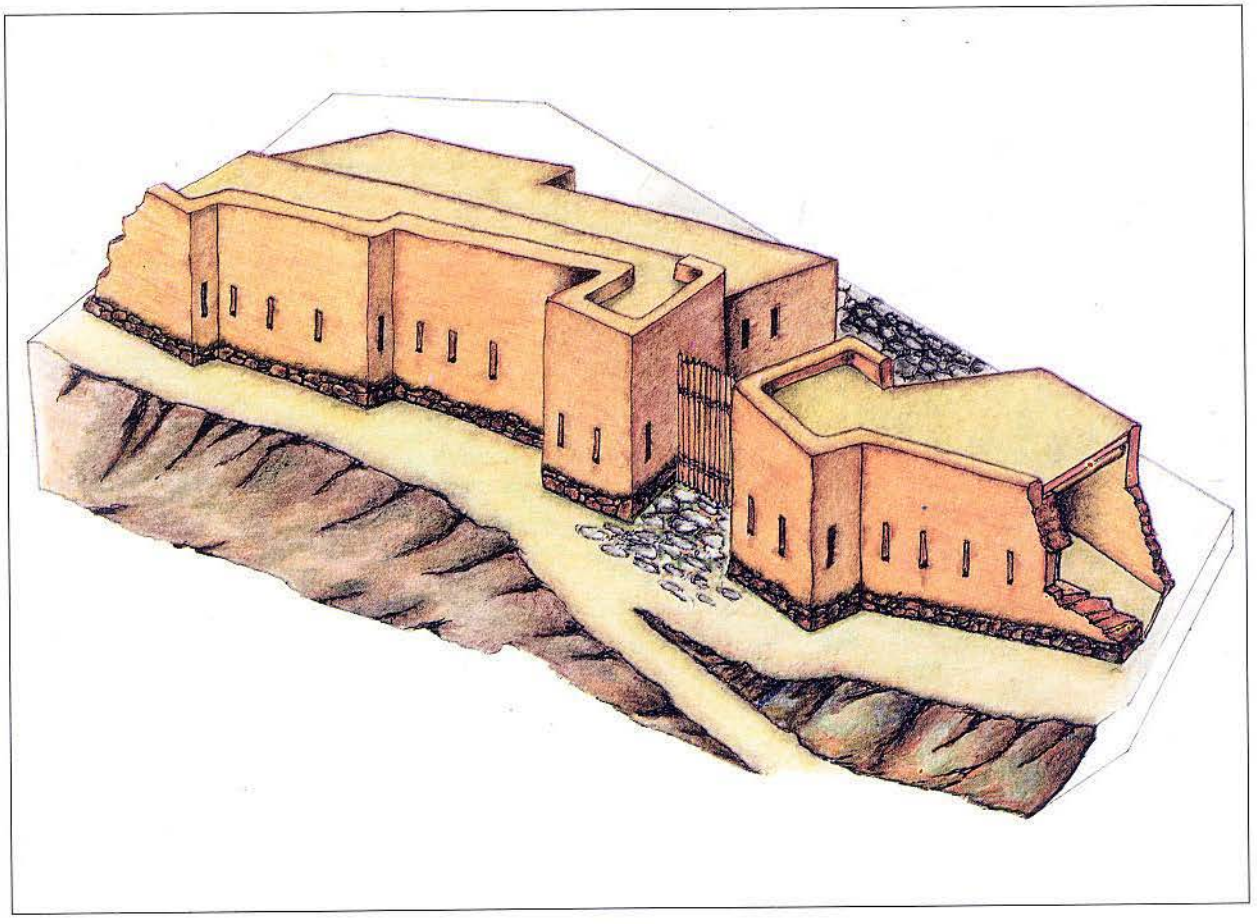
9 - Circa l'evoluzione delle fortificazioni primitive, preistoriche e protostoriche cfr. F.RUSSO, *Ingegno e paura, trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma..., volume I, parte prima.

10 - Da J.HARMAND, *L'arte della guerra nel mondo antico dalle città-stato sumeriche all'impero di Roma*, Roma 1978, p.143.

24 - *(Nella pagina a fianco, figura in alto)* Ricostruzione grafica della fortificazione di Hacilar eretta nell'attuale Turchia meridionale intorno al 5400 a.C. Concettualmente consisteva in un muro nettamente distinto dalle abitazioni di circa 3 m di spessore, con alquanti piccoli aggetti lungo l'estradosso idonei ad larvato fiancheggiamento.

25 - *(Nella pagina a fianco, figura in basso)* Ricostruzione grafica della cittadella di Mersin, in Cilicia, eretta intorno al 4000 a.C. Per la prima volta nella storia dell'architettura militare compare un doppio fiancheggiamento di porta realizzato con due pseudo torri quadrate. Ben evidenti la teoria di feritoie arciere lungo il basamento della cortina.





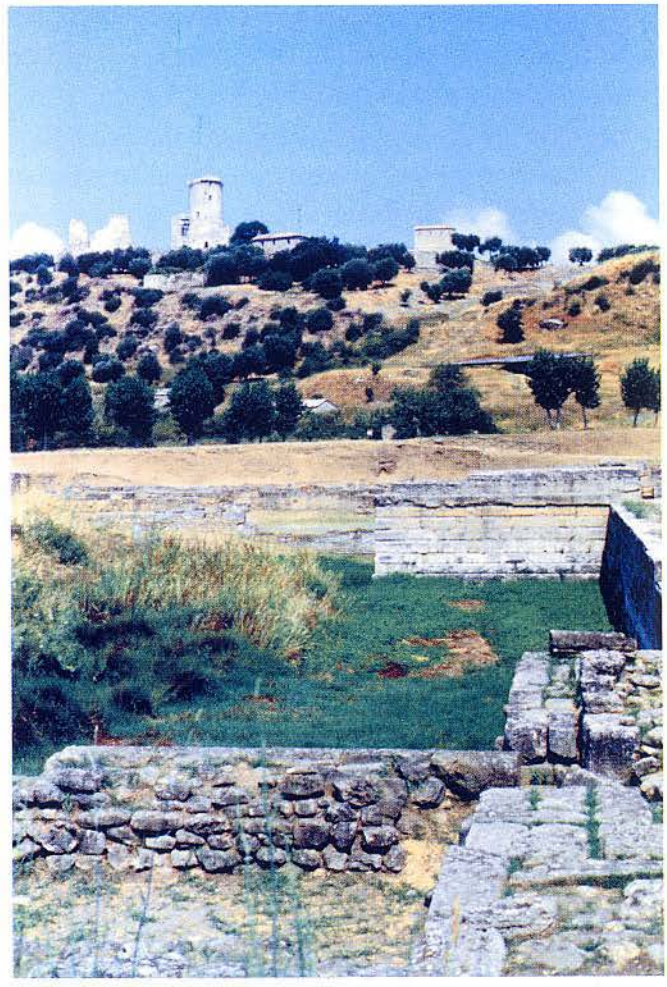
A Mersin in Cilicia, in una tipica cittadella eretta intorno al 4000 a.C. sono ben visibili due torri, ad impianto quadrilatero, che serrano la porta d'ingresso, provvedendo alla sua interdizione attiva. Il loro aggetto, infatti, rispetto al filo esterno del muro consentiva un perfetto tiro di fiancheggiamento incrociato. Inoltre una serie di strette e basse aperture lungo la cerchia fungevano da feritoie arciere, primo indiscutibile esempio del genere. Nel millennio successivo disposizioni siffatte appaiono ormai canoniche, confermandoci l'acquisizione sistematica della modalità difensiva, nonché la sporadica sperimentazione del tiro radente. Come accennato l'insieme di tali remotissime connotazioni resterà nel repertorio dell'architettura militare, incredibilmente a lungo, sopravvivendo persino per un paio di secoli all'avvento dell'artiglieria. Sarà solo la sua ottimizzazione, coincidente con la fine del Medioevo a decretarne l'abbandono pressocché totale, ma non del fiancheggiamento ancor oggi pienamente adottato in ambito militare, per lo più campale.

Eppure i tanti adeguamenti e potenziamenti che le fortificazioni sostennero in quell'interminabile lasso di tempo, raramente ebbero la stessa rilevanza del fiancheggiamento. Non è affatto eccessivo considerarli il più delle volte un incremento dimensionale piuttosto che concettuale: in altre parole per millenni le strutture difensive più che farsi grandi si fecero grosse! E' solo a partire dalla fine del V secolo a.C. -non a caso quando Dionisio avvia l'edificazione dell'Eurialo- che si inizia a percepire una netta inversione di tendenza. Il fenomeno, che segnò una sorta di rivincita della qualità sulla quantità, riguardò significativamente soprattutto le cerchie delle città greche e, in particolare, di quelle più prospere della Magna Grecia, come testimoniano i numerosi ruderi presenti nel nostro meridione. Sottoponendoli, infatti, ad una meno epidermica indagine proprio in rapporto al fiancheggiamento balza evidente un superamento dei tradizionali criteri, esplicita testimonianza di una repentina rottura di equilibri.

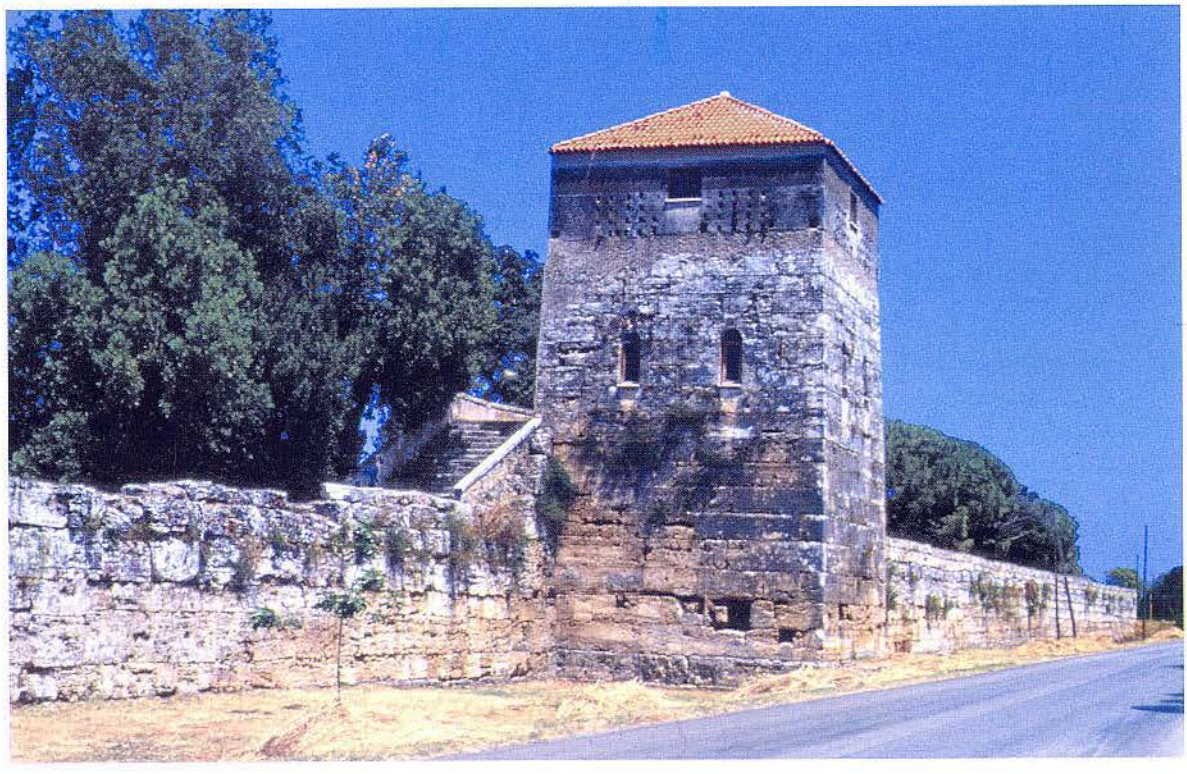
Le plausibili motivazioni della enigmatica mutazione sembrano convergere tutte verso una unica spiegazione: da un certo momento in poi, collocabile appunto sul finire del V secolo a.C. e gli albori del successivo, dapprima nell'armamento difensivo, quindi anche in quello offensivo, deve essere subentrata una rivoluzionaria tipologia di macchine da lancio. Loro tramite divenne improvvisamente possibile scagliare proietti, di inusitata grandezza a distanze rilevanti, con esiti talmente efficaci e convincenti da giustificare prima e rendere tassativi poi radicali aggiornamenti e rielaborazioni planimetriche alle fortificazioni.

Tanto per cominciare compaiono sistematicamente nelle cortine e nel corpo delle torri basse feritoie, difficilmente conciliabili per ubicazione, forma, orientamento e strombatura con l'attività difensiva degli arcieri, molto più proficuamente istallati sugli spalti dietro ai merli. Inoltre le suddette torri ostentano un vistoso incremento delle dimensioni di base, alterazione non riconducibile alla necessità di aumentarne l'aggetto rispetto al filo esterno delle cortine ma all'esigenza di poter disporre di locali interni maggiori e caratterizzati da teorie di feritoie sapientemente direzionate.

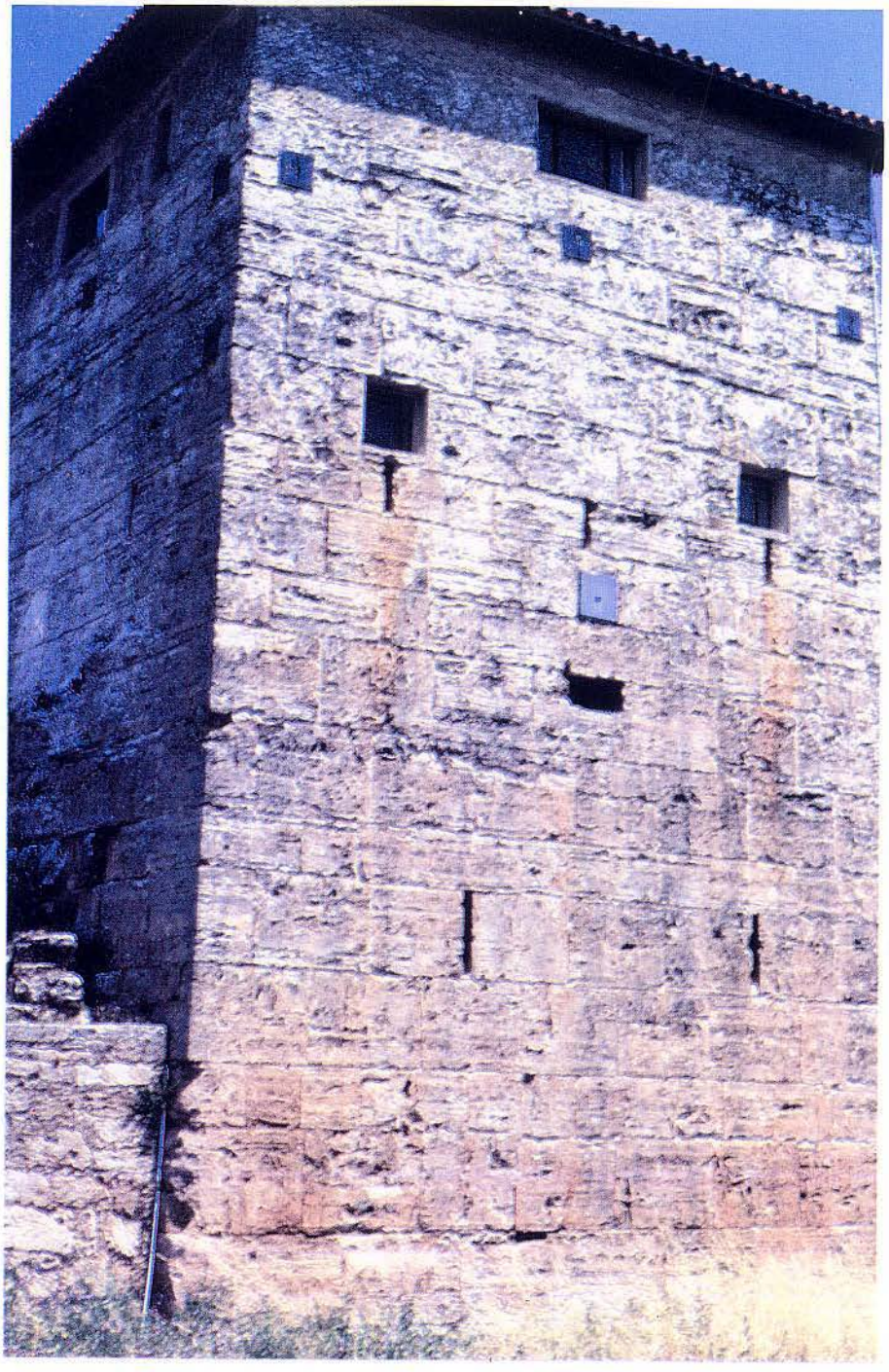
26 - Velia, Sa: dettaglio della parte basamentale di una torre. Perfettamente conservata la sua raffinata realizzazione: ben evidente la notevole superficie d'impianto ed il forte aggetto rispetto al filo esterno delle cortine, chiaro indizio di un accentuato ricorso al fiancheggiamento.



27 - Paestum, Sa. Una delle tante mastodontiche torri della cerchia greca della città, perfettamente conservata nonostante i suoi 23 secoli di esistenza. Ben evidenti la rilevante mole, le numerose feritoie, troppo grandi per essere semplici arciere, il forte aggetto rispetto alla cortina, tutti indizi certi dell'adozione di artiglierie meccaniche per loro armamento.



Questa innovativa configurazione rappresenta, senza dubbio, anche la testimonianza architettonica dell'abbassarsi della quota della difesa attiva conseguenza di un impiego sempre meno accidentale del tiro radente. Una ennesima indicativa modifica si coglie nell'aumento dell'ampiezza del fossato, ostacolo passivo tra i più elementari ed arcaici. Dove però traspare in maniera certamente più evidente ma altrettanto certamente meno comprensibile l'avvento di un nuovo armamento è nel distaccarsi del suo ciglio interno dal piede delle mura, lasciando così una striscia erbosa, una sorta di terra di nessuno corrente fra l'interdizione orizzontale e quella verticale.



28 - Paestum, Sa. Ben evidenti nel corpo della torre le tanti sottili feritoie, posizionate a varie altezze, tutte a strombatura interna, ideali per le artiglierie elastiche di medio calibro.

A voler tentare sulla falsariga delle anomalie architettoniche esposte una sorta di identitik della loro causa scatenante è fin troppo facile identificarla di matrice balistica. In altri termini quelle incongruenze sarebbero le mutazioni strutturali imposte dall'avvento di un'antesignana artiglieria capace di battere con straordinaria violenza il terreno antistante le mura, ma non quello immediatamente sottostante e contiguo al loro piede. Il che avrebbe imposto l'allontanamento del ciglio fossato in modo da eliminare qualsiasi suo parziale defilamento, potenziale decurtazione ostativa.Un'arma che si deve immaginare di discreta grandezza, con un ingombro tale da risultare incompatibile con i tradizionali vani interni delle torri. Un'arma al contempo tanto delicata e deperibile da non potersi piazzare allo scoperto sugli spalti o sulle piazze sommitali delle torri stesse, paventandosene un repentino danneggiamento causato dall'acqua o dal sole. Un'arma dalla gittata tanto estesa da consentire il diradarsi delle torri, fino ad interassi apparentemente inconciliabili con il loro appoggio reciproco, e con il fiancheggiamento continuo delle cortine. Ed infine un'arma in grado di imprimere velocità iniziali talmente rilevanti da poter tirare da basse feritoie, radente il terreno per alcune centinaia di metri, obbligando perciò ad eliminare in un pari raggio qualsiasi ostacolo.

Quest'ultima connotazione, più di qualsiasi altra, sembra accreditare all'arma una straordinaria violenza, assolutamente ignota persino nei migliori archi coevi, unitamente ad una strabiliante precisione, priva di paragone persino con quella dei migliori arcieri. Ed il canonizzarsi delle menzionate anomalie costituisce la conferma del rapidissimo diffondersi di siffatte armi, indubbio presupposto del loro ulteriore perfezionamento.

L'interdizione balistica

Il vero limite, infatti, del tiro dalle fortificazioni consisteva proprio nella sua scarsa letalità nel corso della fase breve e cruciale dell'assalto nemico. La procedura d'investimento, fino alla passeggiata di Dionisio a Mozia, contemplava la corsa in massa alle mura per tentarne, in qualche modo, la scalata. Essendo perfettamente noto l'enorme rischio che si correva sostando nei pressi del loro piede, ogni attaccante studiava, per quanto nelle sue facoltà, di rimanerci il meno possibile, evitando nel frattempo di restare fermo offrendo così un invitante bersaglio agli arcieri. L'espediente, quand'anche ingenuo, rappresentava per questi ultimi una frustrante provocazione, al punto che in molti casi l'abbondanza di bersagli si traduceva in un esasperante sperpero di munizioni. In pratica l'esito del tiro difensivo si confermava sempre inferiore alle esigenze per una elementare constatazione. La traiettoria che gli arcieri imprimevano ai loro dardi era diretta dall'alto verso il basso, modalità che sarà in seguito definita *tiro ficcante*, proprio perché riesce a conficcarsi tra gli assedianti. Sotto il profilo strettamente statistico, però, la sua efficacia si conferma molto modesta, specie quando diretta frontalmente e non lateralmente. In tal caso il lancio per risultare valido deve necessariamente esaurirsi con l'impatto del dardo sul bersaglio mirato, altrimenti un istante dopo si ficca innocuo nel terreno. L'esito positivo,

a sua volta, può ascriversi a due circostanze: o alla consumata esperienza dell'arciere, che gli ha permesso di prevedere i movimenti del bersaglio, o all'immobilità di quest'ultimo. Ma, per quanto delineato, nessuno osava sostare immobile sotto le mura, senza contare che ognuno cercava di ridurre la propria vulnerabilità indossando pesanti corazze di bronzo. L'arciere, invece, con il progredire dell'assalto era costretto a sporgersi sempre di più dal parapetto, finendo per divenire lui stesso un ottimo bersaglio immobile. Si spiega così la preferenza, accordata sin dalla più remota antichità, al tiro di fiancheggiamento dall'alto delle torri, ben al riparo delle loro merlature.

29 - Armatura completa in bronzo ritrovata in una tomba nei pressi di Paestum, risalente allo VIII secolo a.C. di fattura greca. La corazza è realizzata con varie piastre circolari collocate in origine al di sopra di un massiccio strato di cuoio.

L'espediente per un interminabile arco storico si confermò risolvente, almeno fino a quando gli organici degli eserciti non si incrementarono vistosamente. Da quel momento, pur continuando a costituire una temibile minaccia, il tirare lateralmente dall'alto delle torri non bastò a rintuzzare gli assalti, restando inevitabilmente il numero dei nemici colpiti inferiore ai rincalzi che affluivano incessantemente. Il che rappresentava la più sicura premessa dell'espugnazione.

La soluzione che lentamente si fece strada nella mente dei più acuti tattici consisteva nel moltiplicare i centri senza però aumentare il numero degli arcieri ma soltanto la frequenza di lancio. Poiché una freccia non viene espulsa da una reazione chimica la cui violenza si può dosare, incrementare la cadenza dei tiri equivaleva a ridurre i tempi di mira, risparmio che, normalmente, determina un esito opposto alle esigenze, facendo levitare i fallimenti. E qui stava il nocciolo del problema: aumentare i centri senza prendere la mira rappresentava un proposito a prima vista del tutto assurdo.

In realtà, però, la sua attuazione si dimostrò molto più semplice di quanto potesse sembrare, talmente banale che è la medesima con la quale i bambini hanno per secoli giocato con i birilli cercando di farne cadere il maggior numero possibile con un sol colpo. Si trattava di non tirare ad un preciso attaccante ma, piuttosto, in una direzione lungo la quale se ne scorgevano di più. Il criterio tradotto in termini balistici, sia pure rudimentali, consiste nello scagliare la palla, o nella fattispecie la freccia, con traiettoria orizzontale ad una altezza da terra inferiore a quella di un uomo, dirigendola trasversalmente al concentramento delle forze nemiche, senza dover perciò mirare a nessuno. Sarebbe stata la freccia stessa a trapassare chiunque si fosse trovato lungo il suo moto, evento immancabile per la densità delle presenze. La sua letalità, infine, non scadeva se non all'esaurimento dell'energia cinetica, ovvero ad una distanza di un centinaio di metri circa. Ma, affinché ciò potesse effettivamente concretizzarsi occorreva che gli arcieri si posizionassero più in basso che in precedenza. L'innovazione, sotto l'aspetto architettonico, significava che la fortificazione doveva dotarsi di teorie di feritoie attraverso le quali saettare, sia lungo le cortine al di sotto degli spalti sia nel corpo delle torri. La loro configurazione geometrica ottimale si ravvisò in una sorta di cuneo, il cui vertice volto verso l'esterno, era la fessura attraverso la quale veniva scoccata la freccia.

Adeguate le strutture, riscontrati i vantaggi fu ben presto evidente che quella tattica, senza dubbio la migliore mai escogitata non era però esente da limiti. Tanto per cominciare le frecce non disponevano di una capacità di penetrazione sufficiente a sfondare le corazze, divenute nel frattempo più spesse, a media distanza. Inoltre, e rappresentava l'inconveniente di gran lunga peggiore, il settore di tiro consentito dalle feritoie si dimostrava troppo angusto, imponendo agli arcieri un eccessivo stress da tensione muscolare. Essi, infatti, non potevano armare l'arco dopo aver individuato il bersaglio poiché la sua permanenza nel campo visivo durava pochissimo, né potevano mantenerlo con la corda tesa e la freccia incoccata a tempo indeterminato in attesa della migliore opportunità. Paradossalmente per trapassare le corazze occorrevano archi più potenti mentre per maneggiarli da dietro le feritoie ne occorrevano di più leggeri!

Finalmente si realizzò la soluzione del problema: adottare archi rinforzati evitando però di sorreggerli tra le mani. Dopo un'ultramillenaria evoluzione l'intento trovò concretizzazione: l'arco si fissò ad un teniere al quale venne vincolata, tramite un dispositivo di arresto mobile, pure la corda una volta tesa. L'arma, così concepita, permetteva di tirare in qualsiasi momento con una precisione di punteria inusitata. Forse alla medesima conclusione pervennero indipendentemente più popoli o forse alcuni suoi rudimentali archetipi si diffusero per imitazione rapidamente, di certo qualcosa di molto simile a quanto accennato, in pratica una rozza ed approssimata balestra, la si ritrova sin dal XII secolo a.C., in Asia. Sebbene l'ulteriore messa a punto ed adeguamento alle specifiche esi-

genze si protrasse per secoli fu da quella curiosa sintesi tra un arco ed un bastone che prese l'avvio la storia dell'artiglieria: per valutare gli sviluppi successivi, anche limitati alla sola tematica in esame, diviene indispensabile, prima di indagare sui congegni di scatto, approfondire le caratteristiche costruttive dei loro poderosi archi.

Dall'arco alla balestra

Dal punto di vista strettamente tecnico, come accennato, l'arco non è una vera e propria arma ma semplicemente un propulsore elastico essendo il suo dardo, l'arma propriamente detta. In ciò è esattamente simile al cannone che, in quanto tale, non fa male a nessuno a differenza del suo proietto. Basterebbe già questa emblematica analogia funzionale a dimostrare la sostanziale invarianza concettuale dell'armamento balistico fino all'avvento dei missili, ovvero nel corso degli ultimi trentamila anni. Non a caso in questo enorme lasso di tempo si è costantemente perfezionato il propulsore piuttosto che l'arma, prassi che inizia una significativa inversione soltanto in età moderna, per concludersi definitivamente con l'impiego dell'energia nucleare.

Dal punto di vista cronologico, infatti, risulta estremamente probabile che l'arco: "...esistesse dalla fine del paleolitico: aveva due bracci fatti di un unico pezzo di legno, che si incurvava ad arco circolare sotto la trazione dell'arciere. Esso continuò ad essere il normale complemento del cacciatore fino alla fine dell'Antichità, ma sui campi di battaglia, da Omero in poi, in genere fu sostituito dal tipo composito, che era già abbastanza ampiamente diffuso in Asia occidentale e in Egitto dal II millennio..."(11).

Dal punto di vista squisitamente dinamico qualsiasi propulsore elastico per lanciare qualcosa deve cedergli un certa quantità di energia, in precedenza accumulata. Più il tiro si vuole esteso, più il dardo si vuole pesante, tanto maggiore deve essere l'impulso motore impartito. Ovviamente nelle culture primitive la gamma di tipologie energetiche idonee allo scopo appare modestissima. Oltre a quella muscolare, ampiamente impiegata nel lancio delle pietre o dei giavellotti, sia direttamente che con propulsori, oltre a quella di gravità, sporadicamente impiegata, esisteva soltanto la possibilità di far ricorso ad energie cinetiche ottenute dal recupero della configurazione originaria di corpi solidi in precedenza sottoposti a sollecitazioni deformanti. Ed a questa opportunità si riconducono tutte le trappole a scatto impostate sulla flessione di giovani arbusti, o di rami verdi, congegni utilizzati nella caccia ancor prima dell'arco. E' credibile, anzi, che sia stata proprio la percossa impartita ad un cacciatore paleolitico da un ramo piegato lentamente e liberatosi accidentalmente di scatto a suggerire il primo rudimentale arco, sfruttante perciò la deformazione a flessione.

---

11 - Da Y.GARLAN, *Guerra...*, cit., p.150.

Dal punto di vista meramente fisico la deformazione di un solido avviene, in linea di massima, quando gli sono applicate forze esterne superiori a quelle coesive interne. Al loro cessare, nel caso in cui il corpo recuperi la sua originaria configurazione si parla di deformazione *elastica*, nel caso contrario di deformazione permanente o *plastica*. A differenza della prima, che nel corso del recupero della forma iniziale restituisce al sistema quasi interamente l'energia spesa nella deformazione, nella seconda non si verifica nulla del genere essendo la stessa irreversibilmente consumata nell'acquisizione della nuova configurazione.

Volendo scendere ulteriormente in dettaglio si può facilmente osservare che qualsiasi solido sottoposto a flessione, deformandosi reagisce in modo sostanzialmente analogo. Prendendo, ad esempio, una verga di legno e supponendola per semplicità composta di strati, come le pagine sovrapposte di un libro, quando le si applica una sollecitazione perpendicolare flette, arcuandosi nel verso opposto. Tale deformazione provoca una compressione delle sue fibre adiacenti al punto di applicazione della forza ed una trazione di quelle lontane. Il comportamento più o meno elastico dipenderà, per quanto detto, dalla concomitante capacità delle prime di resistere allo schiacciamento e delle seconde allo snervamento senza che gli strati perdano la coesione reciproca.

In pratica materiali naturali che siano in grado di garantire un comportamento del genere per sollecitazioni rilevanti ripetute indeterminate volte, non esistono. Al massimo appaiono tali per modeste forze deformanti e per poche reiterazioni, tendendo comunque la loro deformazione elastica a trasformarsi progressivamente in plastica. Per poter disporre di materiali più spiccatamente elastici occorre assemblarne diversi, ciascuno dei quali idoneo a fornire una conveniente reazione o alla compressione o alla trazione, fissandoli saldamente ad un supporto neutro. Solo così diviene possibile realizzare un propulsore elastico funzionante su di un ciclo energetico quasi integralmente reversibile, accumulo-cessione. Ed il processo risulterà ai fini cinetici ancora più idoneo se avverrà, come in effetti accade per la stragrande maggioranza di siffatti composti elastici, con tempi per ciascun ciclo inversamente proporzionali alle forze in azione. Cioè applicando nella fase di accumulo una modesta sollecitazione per un tempo abbastanza lungo e ricuperandola concentrata in un unico istante nella cessione.

Tra i materiali disponibili in natura, come accennato, nessuno risponde a simili requisiti. Chi vi si avvicina di più è senza dubbio il legno, ed in particolare alcuni tipi di legno, sebbene con valori molto esigui. Il perché dipende dalla sua costituzione a fibre lunghe e parallele, le più adatte a sopportare elasticamente una deformazione di modesta entità e di breve durata. Anche alcuni metalli presentano un discreto comportamento elastico, specie quelli ferrosi sottoposti ad un processo di tempera, ma la loro scoperta è troppo recente per aver potuto svolgere un ruolo nella vicenda.

Dal punto di vista tecnologico il più antico congegno inventato dall'uomo in grado di sfruttare l'elasticità, dopo la trappola, fu senza dubbio l'arco, nel quale l'energia di restituzione tramite la corda viene trasmessa alla freccia per imprimerle il moto. In quanto tale è definito, al pari delle macchine da lancio, arma telecinetica da corda. In dettaglio: "...l'arco è in sostanza un legno elastico più o meno artificialmente incurvato, che tende una corda; un'ulteriore tensione sviluppa la forza che permette di scoccare un proiettile, quasi sempre una freccia. Il principio fisico-meccanico è facile da afferrare, e anche tanto

semplice da tradurre in opera... salvo beninteso, ricavarne un'arma efficiente e saper tirare con essa in modo decoroso, il che è tutt'altra questione.

Ora gli archi si trovano distribuiti fra i popoli su nove decimi della superficie del globo abitato, e presentano un'intricata varietà di tipi e sottotipi, l'uno diverso dall'altro..."(**12**). Per tentare di dipanare quella babele di singolarità ricavandone precisi criteri di suddivisione e classificazione occorre innanzitutto considerare: "...le proprietà formali dell'arma, e precisamente:

a) la materia prima dell'elemento elastico;

b) il tipo e il grado della sua curvatura;

c) la sua sezione;

d) il tipo di corda;

e) il metodo usato per la fissazione della corda all'elemento flessibile....

Un esame anatomico degli archi dimostra però che in certi tipi il materiale non è unico bensì plurimo, ossia si usano oltre al legno altri materiali sussidiari, come lamine di corno, listelli di altro legno, di bambù o di metallo, a scopo di rinforzo in punti delicati, oltre naturalmente le legature per tenere fasciati insieme questi materiali diversi... si parla in questo caso di *arco composto* in contrapposizione ai tipi, più comuni, di *arco semplice*...

L'idea base è quella di congiungere nel senso della lunghezza, per incollatura e legatura insieme, onde ottenere la perfetta adesione, due strati di legno di essenze diverse, per esempio betulla e conifera -l'uno più duro e l'altro più tenero. L'unione dà un legno composto migliore di ciascuno dei due componenti... Così è composto l'arco tradizionale dei Tangesi e degli antichi Lapponi; può essere anche qui presente un rinforzo longitudinale di tendini, oppure -come fra i Mongoli occidentali- uno dei due legni può essere sostituito da più lamelle di corno, presso l'impugnatura ed alle estremità; l'insieme è solidamente rivestito di materia uniforme (corteccia di betulla, strato di pigmento) che dissimula la natura composita del legno, e ulteriormente rafforzato da varie e strette legature nei punti sottoposti a maggior sforzo: la corda è normalmente minugia, attaccata di solito a una sola delle estremità fuorché nell'imminenza dell'uso, così da lasciare il più possibile il legno in posizione di riposo... La resistenza del legno composito e le dimensioni dell'arma (superiori in media a quelle dell'arco semplice) sono tali che l'attacco della corda all'estremità libera richiede dall'arciere notevole forza..."(**13**).

Per costruirlo si: "...cominciava col modellare l'anima di legno; questa era formata da tre pezzi, i due bracci e l'impugnatura, che venivano connessi con incastri e collanti delineando già la forma dell'arco; all'interno di questa curva, che diventava poi il dorso

---

12 - Da V.L.GROTTARELLI, *Le armi*, in *Ethnologica, l'uomo e la civiltà*, Milano 1965, vol. II, p. 177.

13 - Da V.L.GROTTARELLI, *Le armi...*, cit., pp. 177181.

14 - Da C.BLAIR, *Enciclopedia ragionata delle armi*, Verona 1979, alla voce **arco.**

dell'arco armato, veniva disteso, incollato e pressato, il tendine, sul lato esterno venivano distese e incollate le due strisce di corno secondo la loro curvatura naturale. Il tutto veniva poi ricoperto con pelle tesa e incollata..."(**14**).

Più in dettaglio: "...quasi sempre il legno forma il nucleo centrale del fusto, mentre materiali con caratteristiche opposte lo rivestono per un notevole tratto della sua lunghezza. Per la parte esterna del fusto, quella rivolta verso il bersaglio, sono stati adoperati materiali generalmente animali, che offrivano forte resistenza alla trazione, come ad esempio i tendini o i fasci tendinosi; per la parte interna venivano utilizzati materiali che offrivano una forte resistenza alla compressione, come lamine di corno o di metallo. Il tutto era fermato con collanti e fasciato con avvolgimenti di tendini ricoperti poi di lacche e vernici..."(**15**).

Il riferimento a parti di metallo inserite negli archi compositi fornisce l'occasione di ricordare che esistevano, già nell'antichità, anche archi realizzati interamente in metallo, per lo più in bronzo. A tale tipologia sembrerebbe potersi ascrivere quello raffigurato: "...in un noto bassorilievo [che] ci mostra Assurbanipal libante, assistito da un suo dignitario arciere che reca l'arco caldeo, angolare e simile a uno di quelli persiani, probabilmente fuso in bronzo entro stampi e poi fucinato e martellato..."(**16**).

Per restare ancora nell'ambito degli antichi archi, parzialmente od interamente, di metallo senza dubbio più interessante, almeno ai fini della ricerca, va segnalato un modello abbastanza diffuso presso i Greci. In dettaglio risulta di modesta dimensione longitudinale ed: "...era gettato in bronzo e anche formato inserendo nell'impugnatura due corna di ariete selvatico o di antilope..."(**17**).

La realizzazione di un arco con corni indipendenti, uniti da un solido giunto fungente da impugnatura lascia intravedere un probabile aggiramento dell'incapacità di fucinare e di temprare verghe d'acciaio di discreta lunghezza. Incapacità protrattasi fino al Medioevo centrale, che impedì per millenni di forgiare le lunghe lame necessarie per costruire potenti archi di metallo. Sarebbe, infatti, bastato ridurli in due semiarchi, giuntandoli saldamente al centro e compensando in qualche modo le ineliminabili differenze di elasticità, per ottenerne di sostanzialmente equivalenti. Di certo tale soluzione, come in seguito esamineremo, dovette trovare nell'antichità alcune sporadiche attuazioni anticipatrici delle applicazioni accertate e sistematiche posteriori al mille.

Sebbene non disponesse dell'elasticità precipua dell'acciaio quella posseduta da un arco composito di accurata esecuzione non sembrerebbe molto inferiore, comunque di gran lunga eccedente quella dei tradizionali archi semplici. Un significativo indizio della sua enorme potenza si ricavava già in fase di costruzione, allorché l'assemblaggio dei suoi componenti richiedeva una notevole: "...fatica (talora consentita solo dall'aiuto di un apposito anello) perché la naturale tendenza dei bracci era quella di flettersi nelle dire-

---

15 - Da C.BLAIR, *Enciclopedia...*, cit., alla voce **arco**.

16 - Da G.DE FLORENTIIS, *Storia delle armi bianche*, Milano 1974, p. 64.

17 - Da G.DE FLORENTIIS, *Storia...*, cit., p.65.

zione opposta (donde l'attributo di *palintone* riservato a quest'arma)(**18**)...[l'arco] prendeva allora una forma caratteristica, a doppia curvatura, perché le diverse sezioni flettevano in modo diverso. Pare che la sua portata utile fosse all'incirca di 60 metri, mentre la portata massima poteva raggiungere i 200..."(**19**).

Il dettaglio che l'arco composito, allo stato di riposo, presentasse una curvatura inversa a quella di quando armato lascia già facilmente intuire il grande sforzo necessario per agganciarne la corda. Ma va ricordato che tanta rigidità poteva essere superata con una semplice accortezza, derivata proprio dalla sua tecnica di costruzione. Le piastre di corno, che ne costituivano senza dubbio la parte più resistente durante la flessione, prima di essere impiegate subivano una particolare lavorazione. Riscaldate a circa 100°C si rammollivano trasformandosi in lamine plastiche. A quel punto potevano facilmente sagomarsi secondo le più svariate esigenze, a patto di procedere rapidamente. Raffreddatisi, infatti, i pezzi di corno, qualunque fosse divenuta nel frattempo la loro forma, recuperavano la precipua rigidità, salvo perderla nuovamente appena a contatto con una fiamma. Quanto precisato spiega perfettamente il notissimo episodio nel quale Ulisse, a differenza dei giovani Proci, riesce ad agganciare la corda ai corni del suo vecchio arco, senza dubbio di tipo composito. L'impresa è compiuta agevolmente dall'eroe non per la sua straordinaria forza ma per una sua ennesima astuzia consistente appunto nel riscaldarlo prima di fletterlo. Per la verità la narrazione omerica induce a ritenere che i contendenti di Ulisse cadessero nel trabocchetto semplicemente perché, nel breve intervallo di una ventina di anni, di archi siffatti non se ne fabbricavano più, perdendosene ogni memoria. Al loro posto molto probabilmente altri più leggeri e pratici, magari di metallo. Del resto se lo stesso Ulisse, partendo per Troia, lo aveva lasciato a casa, è logico concludere che lo ritenesse già allora ormai superato, un glorioso cimelio ma non certo una affidabile arma! Quanto ai tendini essi non venivano, come potrebbe semplicisticamente supporsi, espiantati dai bovini macellati e subito dopo utilizzati come robuste funi elastiche. Subivano, invece, preliminarmente un processo di cardatura e di filatura, fino ad assumere le connotazioni di una normale corda ovviamente di straordinaria ed incomparabile resistenza agli sforzi di trazione. Ed appunto all'applicazione di fasci di corde del genere, finalizzati ad incrementare la tenuta all'ingente sollecitazione a trazione che si manifestava nella fase di caricamento, che deve attribuirsi la comparsa della curvatura inversa nell'arco composito, da cui anche la definizione di arco riflesso.

Volendo approfondire meglio la caratteristica conformazione dell'arma nelle sue diverse impostazioni e condizioni d'impiego, va rilevato che la curvatura: "...può essere

---

18 - La definizione di *palintone*, alternativa ad *eutitone* la si ritroverà anche nelle artiglierie meccaniche a torsione. Pur non essendo affatto certo il significato originario di tale suddivisione è molto probabile che facesse riferimento alla geometria dell'arco. Questo se di tipo semplice, liberato dalla corda assumeva una configurazione se non lievemente arcuata al massimo rettilinea; se di tipo composto si incurvava all'indietro. Pertanto nel primo caso i bracci quando liberi tendevano a convergere dalla parte opposta della corda, nel secondo dalla stessa. E' intuitivo desumere da questo significativo dettaglio la maggiore rilevanza dell'energia accumulabile nell'arco composito rispetto al semplice.

19 - Da Y.GARLAN, *Guerra...*, cit., p. 51.

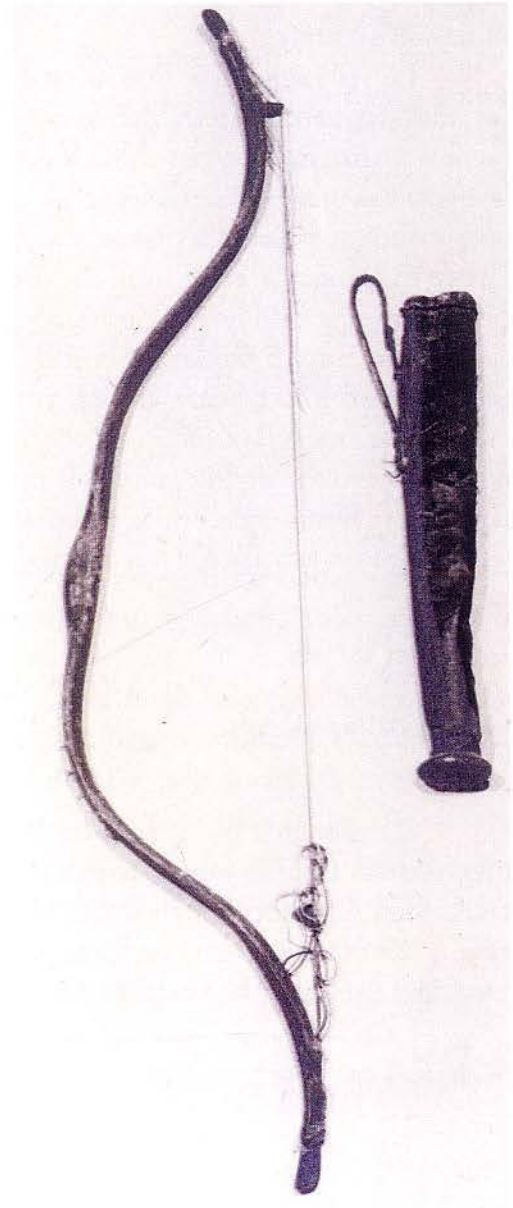
insita nel ramo prescelto, allo stato naturale, o artificialmente prodotta tenendo il ramo diritto in posizione forzata per un tempo convenientemente lungo. Ma in un medesimo esemplare, la curvatura cambia a seconda che:

la corda essendo staccata -come avviene spesso specie per gli archi composti- il legno assume la sua forma di *riposò;*

la corda essendo attaccata alle due estremità del legno, l'arco è pronto per l'impiego, ossia *armato*;

legno e corda sono nell'atto di subire la massima tensione come accade al momento del lancio (arco *teso).*

Per gli archi semplici, la curvatura significativa è quella della seconda posizione, normalmente mantenuta fuorché nell'istante dell'impiego; per gli archi composti, è opportino studiare la curvatura ai tre stadi..."(**20**). Da quanto esposto emerge la notevole resistenza che opponeva un arco composito al caricamento e la conseguente impossibilità di poterlo mantenere in tale condizione più di pochi secondi. Emerge pure la inevitabile perdita di elasticità col trascorrere del tempo, nonostante l'accortezza di sganciarne la corda. Entrambe le deficienze devono porsi, come accennato, fra le motivazioni basilari per l'elaborazione di una arma telecinetica più idonea all'impiego difensivo. E, non a caso, nelle civiltà avanzate quando quella fu resa disponibile,



30 - Arco composito di rozza fattura, con relativa faretra, di epoca tardomedievale, costruito nell'area dei Carpazi e conservato nel Museo Archeologico di Bucarest. Il suo impiego, protrattosi fino alle soglie dell'età moderna, contro le armate ottomane nel XV secolo ne attesta la straordinaria efficacia ed affidabilità.

---

20 - Da V.L.GROTTARELLI, *Le armi...*, cit., pp. 177-181.

epoca coincidente con l'avvento di fortificazioni più avanzate, iniziò la dismissione degli archi compositi. Paradossalmente l'arco composito continuò a sopravvivere proprio laddove molto verosimilmente era stato inventato, ovvero tra le popolazioni nomadi asiatiche. Dal punto di vista etnologico, infatti, l'arco: "...nacque semplice e diventò poi -quasi sicuramente nell'Asia centrale- composito..."(**21**). Per nulla casuale, quindi, che l'arco composto si ritrovi diffuso nell'Eurasia a nord dell'Himalaya e nella penisola indocinese, al punto che lo stesso viene definito pure arco *asiatico* o *mongolico.*

Per quanto in precedenza delineato balza evidente come esclusivamente un arco di tipo composito fosse idoneo ad accumulare la maggiore quantità possibile di energia elastica. Solo quello, con un accorto assemblaggio dei materiali, avrebbe potuto associare ad una contenuta deformazione una straordinaria elasticità. Tuttavia, il disporre di un'arma di notevole potenza non risolveva affatto il problema della sua congruità in funzione difensiva: era senza dubbio una condizione necessaria ma, altrettanto sicuramente, per nulla sufficiente!

La vera soluzione sarebbe stata quella di disporre di un'arma che non richiedesse un addestramento interminabile o una attitudine fortemente selettiva, un arma cioè di facile e sicuro impiego per chiunque a cominciare dalla stabilità di tiro. Ed è probabile che la premessa per il superamento di quest'ultima penalizzante difficoltà, tipica dell'arco composito, si potesse scorgere ancora nel secolo scorso. Tanto i Curdi, infatti, che gli Etiopi e gli Indiani, etnie tutte che avevano adottato da tempo immemorabile l'arco composito, ostentavano una curiosissima posizione del corpo per renderne il tiro più accurato. Al momento di tendere la corda ne piantavano a terra un corno, premendovi sopra il piede sinistro: accortezza che gli consentiva di attingere tensioni enormi senza gravare esclusivamente sulle braccia. Il che rendeva l'arma non solo più agevole da caricare ma anche notevolmente più stabile in punteria ritrovandosi sostenuta, senza alcun tremolio fisiologico. Restava ancora da eliminare lo sforzo necessario per mantenere la corda in tensione prima di scoccare la freccia, ma per la sua eliminazione fu inevitabile attendere ancora a lungo.

Genesi della balestra

Etnicamente la :"...balestra ha probabilmente origine cinese: si vuole che la prima menzione di essa sia in un testo del XII sec. a.C., e non risulta con sicurezza che le altre civiltà dell'Asia occidentale e del Mediterraneo la usassero in epoche anteriori; a Roma essa è documentata con certezza solo in tempi imperiali. La fortuna della balestra in Occidente si accrebbe in epoca Medievale, specie a partire dal sec. XI...

La sola grande zona del mondo in cui la balestra sia rimasta in uso fino ai tempi nostri è l'Asia sudorientale; sporadicamente, la si trova in Siberia... In Asia come in

---

21 - Da C.BLAIR, *Enciclopedia...*, cit., alla voce **arco**.

Occidente, la balestra rappresentò comunque il più evoluto perfezionamento meccanico delle armi da lancio a mano prima della scoperta della polvere da sparo..."(**22**).

Come accennato i Romani la conobbero, chiamandola col significativo nome di *arcuballista*, o *manuballista*. La sua più antica menzione si ricava da Flavio Renato Vegezio nel *De Re Militari*, scritto, con molta probabilità, tra la seconda metà del trecento d.C. ed i primi lustri del quattrocento. L'attento trattatista ne fa rimontare l'impiego all'epoca di Diocleziano (284305), unitamente ad altre armi da lancio. Ricorda, infatti, che nella formazione delle schiere nelle legioni dopo gli arcieri seguivano i:

> *"...frombolieri che lanciavano sassi con fionde o mazzafionde, nonché i 'trangulari', che scagliavano giavellotti con balestre a mano o con archibalestre..."*(**23**).

La sua comparsa non deve però mettersi in relazione a contatti con l'area orientale, o con etnie che già la usavano, o ascriversi ad una misconosciuta cooptazione nel corso di qualche campagna legionaria ai confini del mondo civile. In questo caso almeno, più unico che raro, sembra che si possa ritenere la suddetta arcobalestra una semplice miniaturizzazione delle grandi artiglierie elastiche perfettamente note ormai già da sei secoli. Stando, infatti, a quanto desumibile in merito ancora da Vegezio, le armi: "...dette al suo tempo *manuballista* anticamente erano chiamate 'scorpioni'. E' appunto con tale nome che le *arcuballiste* sono citate da Tito Livio (59 a.C.17 d.C.) e da Polibio (205-120 a.C.) i quali le distinguono in grandi (che vanno comprese fra le macchine belliche, delle quali è anteriore l'uso, soprattutto durante gli assedi) e piccole, accomunate alle altre armi individuali da getto. Sicuramente fu anche adoperata per la caccia, e di ciò rimane a testimonianza un bel cippo funerario di età imperiale conservato al museo di Puy in Francia."(**24**)

Tuttavia, se i Romani derivarono l'arcobalestra dalle più grandi balliste, esattamente il contrario sembra che sia avvenuto presso i Fenici. Essi, quasi certamente come in precedenza accennato, dopo averle apportato marginali perfezionamenti la tramandarono a loro volta ai Punici. Questi impiegandola nel corso degli scontri in Sicilia, fornirono ai Siracusani lo spunto per perfezionarla radicalmente, trasformandola da arma manesca in temibile artiglieria da posta a flessione.

Ma come e quando, a partire dal XII secolo a.C., la rozza balestra cinese pervenne sulle sponde del Mediterraneo? Forse furono proprio i Mongoli a fungere da tramite per quel probabile trasferimento di tecnologia da oriente verso occidente. Di certo non dovette passare inosservato alle loro orde, non fosse altro che per le cospicue perdite subite, come nel corso delle cicliche scorrerie a danno del Celeste Impero, tra il XII ed il V sec. a.C. ovvero tra la dinastia Shang e quella Zhou (**25**), i Cinesi si difendevano sempre più

---

22 - Da V.L.GROTTARELLI, *Le armi...*, cit., p.195.

23 - La citazione è tratta da FLAVIO VEGEZIO RENATO, *L'arte...*, cit., p. 61, corrispondente al lib.

24 - Da C.BLAIR, *Enciclopedia...*, cit., alla voce **arcuballista.**

25 - Per un primo approccio alla Grande Muraglia cinese ed alla dinastie che la edificarono cfr. C. DALIN, *Peregrinations along the great wall*, Hong Kong 1978, pp. 16-20.

spesso da dietro le merlature delle loro interminabili muraglie impugnando un curioso arco, fissato all'estremità di un bastone. Comprenderne l'uso per esperti arcieri non richiese particolari sforzi; cooptarlo per nomadi abituati a combattere caracollando a cavallo, non dovette sembrare ozioso, potendosi maneggiare con una sola mano a differenza del normale arco; diffonderlo una conseguenza forse involontaria, usandolo persino per la caccia.

Al di là delle ipotesi, probabili quanto si voglia ma quasi sempre indimostrabili, di certo è ben documentata l'esistenza dell'accennata rozza balestra presso i Cinesi a partire dall'ultimo quarto del II millennio a.C. Ed anche in quel remoto contesto si registra un emblematico sincronismo tra la sua presenza e quella contemporanea di complesse fortificazioni. Al di là di questa scarna notizia è estremamente plausibile che la suddetta balestra altro non fosse che un arco legato ad un bastone, neppure necessariamente dotato di un congegno a scatto per la liberazione della corda. L'equivalente per l'arco di quella che fu la mazzafionda per la fionda. Ma proprio perché così rudimentale, si dimostrò immediatamente di facilissima costruzione e di altrettanto semplice maneggio. Caratteristiche che ne accelerarono la diffusione.

Anche trascurando la suggestione di una mediazione mongola, il XII secolo a.C. si caratterizzò per le sue violentissime convulsioni belliche. Gli assetti geopolitici faticosamente stabilizzatisi in precedenza, dopo secoli di sanguinose contese, vennero irreparabilmente lacerati da quel turbine di conflitti che travolse l'intero mondo civile. In particolare: "...l'Età del bronzo nel Vicino Oriente terminò intorno al 1200 a.C.... Pare che la storia stessa si sia interrotta, non in uno Stato soltanto, ma su una gran parte del mondo civilizzato; le fonti scritte inaridiscono, i documenti archeologici son scarsi e di difficile datazione. Dei barbari provenienti dal Nord cancellarono la civiltà micenea in Grecia. L'impero hittita sprofondò. In Babilonia la dinastia cassita giunse alla fine; barbari Arami e Caldei vi si infiltrarono; per qualche tempo Babilonia fu soggetta a sovrani assiri. I faraoni Merneptah e Ramses ricacciarono gli invasori dal Nilo. Ma tosto i mercenari libanesi e nubiani s'impadronirono del trono stesso del Faraone, finché gli Assiri annetterono l'Egitto al loro impero militare. Circa lo stesso tempo, in Cina, la capitale dei Shang venne messa a sacco e i barbari Chou diedero inizio a un nuovo impero, organizzato su linee più feudali... Nondimeno la continuità della civiltà non fu completamente né universalmente interrotta... Le città fenicie resistettero alla tempesta mantenendo il livello di civiltà che avevano raggiunto nel XIV secolo..."(**26**). Persino la mitica guerra di Troia viene fatta rientrare in quel terribile scenario, nel corso del quale: "...irruppe... una forza nuova e sovvertitrice. Dall'Asia anteriore, non si sa attraverso quali successive ondate o stillicidi, giunse un popolo che aveva saputo domare il cavallo selvaggio, piegandolo ai bisogni dell'uomo, e aveva scoperto, con l'uso del ferro, il convincente segreto della spada micidiale. Con queste due capacità superiori, la nuova razza o miscuglio di razze s'impose come autorità dominante all'Europa arcaica dell'epoca del bronzo e fu la causa stimolante di nuovi ed ampi svolgimenti. Non che i nuovi venuti sopraffacessero la vecchia popolazione sedentaria del continente, né che riuscissero a cancellare le credenze primitive domi-

---

26 - Da V.G.CHILDE, *Il progresso nel mondo antico*, Milano 1975, p. 193.

nanti l'immaginazione dei rustici. Quella popolazione, e quelle credenze rimasero, ma rifatte e rielaborate dalla cultura più elevata e spirituale della nuova aristocrazia di tribù, che veniva di così lontano e si spostava così rapidamente. Come si chiamassero o fossero chiamati dagli altri questi nuovi popoli, quando ancora abitavano nel loro paese d'origine (ovunque questo si trovasse) e parlavano la loro lingua originale, è un mistero... ma poiché dividono con persiani e indiani uno stesso albero genealogico linguistico, sono chiamati dai filologi indoeuropei o ariani..."(**27**).

Per valutare l'entità di quegli sconvolgimenti è sufficiente ricordare che tra il: "...1250 ed il 1190 tre grandi e potenti civiltà furono investite da un violento attacco, e due di esse crollarono. Si tratta di un periodo cruciale, che definisce il quadro dei successivi cinquecento anni di storia, ma era estremamente confuso già per i contemporanei, e tale resta anche per noi... Di che popoli si trattava? Da dove venivano e perché? Dei loro nomi, solo tre ci sono noti... benché la loro identificazione sia un po' incerta. Gli Akawasha sono identificati generalmente con gli *Achaioi* dell'epopea omerica... Nessuna... identificazione è sicura totalmente, ma a questi popoli egei si può opportunamente attribuire il nome collettivo di 'Popoli del Mare' o di 'Popoli delle isole che stanno in mezzo al mare'... Alla fine quando la tempesta si placò emerse una nuova geografia politica... In tutto l'oriente, la contrapposizione tra fasce costiere e entroterra si impose nuovamente, quando i Cananei della costa si amalgamarono con i superstiti Popoli del Mare, dando vita a due gruppi diversi: i Filistei, a sud, e i Fenici, a nord..."(**28**).

In conclusione, da quanto rievocato, risulta innegabile che se mai è esistito uno scenario ideale per la diffusione di un'arma quale la balestra questo fu appunto lo scorcio storico a cavallo del XII secolo a.C.. Plausibile, perciò, ipotizzarne una rapida migrazione attraverso l'India fino alla regione anatolica, caduta sotto la dominazione assira a partire dal 1100. Plausibile pure, risapendosi le connotazioni militariste dell'Impero assiro (**29**), ritenere che non sfuggisse ai suoi tecnici la complementarietà della balestra con le sottili feritoie delle loro fortificazioni. Le ultime tappe del trasferimento dagli Assiri ai Fenici e da questi ai Punici non richiedono alcuno sforzo di immaginazione, poichè: "...dalla metà del IX secolo a.C. e più ancora da quella dell'VIII fino alla fine del VII, i Fenici entrarono nell'orbita assira, dapprima come fonte di tributi, in seguito come vere e proprie annessioni territoriali... Dal VI secolo i Fenici continuarono a navigare e a commerciare, ma la grande espansione marittimo-commerciale e così pure la colonizzazione del Mediterraneo sono ricordi del passato; la gloria che fu si concentra e si trasmette alla figlia prediletta Cartagine... a sua volta fondatrice di colonie e incontrastata dominatrice dei mari fino all'avvento di Roma..."(**30**).

---

27 - Da H.A.L.FISHER, *Storia d'Europa*, Milano 1964, pp. 44-45.

28 - Da D.H.TRUMP, *La preistoria del Mediterraneo dall'ottavo millennio all'ascesa di Roma*, Vicenza 1983, p. 184-186.

29 - Per una sintetica descrizione dell'impero assiro cfr. S. MOSCATI, *Antichi imperi d'Oriente*, Roma 1978, pp. 65-101.

30 - Da G.CHIERA, *I Fenici mercanti e avventurieri dell'antichità*, Roma 1988, pp. 26-30.

La sintetica esposizione degli stravolgimenti del XII secolo a.C., non pretende né di affermare una precisa sequenza diffusiva della balestra né, meno che mai, di individuare lungo quale direttrice si attuò, ammesso pure che tale fenomeno effettivamente avvenne. Si limita soltanto a suggerirne la possibilità concreta nel coevo contesto storico, nonché ad evidenziare che proprio da allora prende l'avvio quello che viene definito 'medioevo ellenico'. Si trattò di un lunga battuta di arresto dell'evoluzione, caratterizzata dalla diradazione, spesso completa interruzione, dei traffici e degli scambi materiali. Si protrarrà per molti secoli e solo lo splendore della nascente civiltà greca del V secolo farà, dopo sette secoli, dissolvere la sua oscurità. Ed appunto in quel ritrovato fervore culturale si colloca la ricerca e l'elaborazione di rivoluzionarie armi da lancio.

Dalla balestra al gastrafete

Da quanto delineato appare logico ritenere che il disporre di un arma capace di restare autonomamente pronta a tirare dopo caricata, senza imporre alcuna tensione muscolare all'arciere, fu alla spalle dell'invenzione della balestra. I vantaggi conseguibili dal suo impiego nella difesa di opere fortificate sono nitidamente immaginabili. Tuttavia non sembrano da soli sufficienti a giustificarne il costante perfezionamento e soprattutto il continuo potenziamento, che andrebbero piuttosto ascritti all'esigenza di incrementarne la violenza dell'impatto e la gittata. In altri termini se dapprima l'adozione della balestra ebbe come unico scopo il fiancheggiamento delle cortine in un secondo momento si concepì di accentuarne le prestazioni per interdire le aree antistanti alle stesse. La formazione di una difesa antemurale, ben evidente come in precedenza delineato nell'Eurialo di Siracusa, imponeva agli attaccanti gravosi tributi di sangue, spesso sufficienti a estinguerne completamente l'aggressività. Costruire balestre appena più grandi e meno rudimentali significava, in pratica, moltiplicare virtualmente il numero dei difensori, trasformando, in poche ore, un qualunque inesperto civile in un discreto arciere. Il congegno compensava con la sua potenza e stabilità le deficienze fisiche e l'assenza di addestramento.

A quel punto la convenienza militare scaturente dall'adozione di armi del genere in concomitanza con il formarsi di una articolata società urbana, s'imponeva spontaneamente. Le città-stato, che rapidamente si moltiplicavano, fornivano senza dubbio un sufficiente numero di cittadini atti alla loro difesa ma altrettanto certamente ben pochi erano concretamente capaci di farlo. Dardi più pesanti e gittate più estese non significavano, pertanto, semplicemente colpire più duramente e da più lontano, ma implicando siffatti congegni, significavano che tutti erano in rado di farlo. Risapendosi, inoltre, per secolare esperienza, che tirandosi dall'alto delle mura la gittata superava almeno del 40% l'inverso, quei particolarissimi arcieri non dovevano temere neppure la reazione nemica. In breve l'organizzazione della difesa ne uscì sostanzialmente modificata: il terreno compreso fra la distanza massima da cui gli assedianti avrebbero potuto tirare contro le mura e la distanza massima da cui gli assediati potevano tirare dalle mura si trasformava in una zona di esclusivo dominio della difesa, dove anche il templice attraversamento si risolveva in

una strage. Per l'accresciuta potenza inutili gli scudi, le corazze e gli elmi, scaduti a livello di mero abbigliamento da parata.

Ciò premesso, il principale ostacolo che si dovette superare per trasformare quei rozzi archetipi in armi vere e proprie, fu rappresentato dalla costruzione di un arco maggiorato. Una volta realizzato, fissarlo ad un fusto e munirlo di un dispositivo di ancoraggio della corda in tensione e di un congegno di scatto risultò relativamente semplice. Ne scaturì, in rapida successione, una vasta gamma di macchine da lancio tutte impostate sullo sfruttamento dell'energia potenziale elastica immagazzinata per deformazione di una lamina sottoposta a flessione.

Il nome generico coniato per tale antesignana tipologia di artiglierie meccaniche fu quello di **catapulta:** il prototipo tuttavia può supporsi sostanzialmente simile ad una grossa balestra da posta, da cui si differenziava soprattutto per la modalità di caricamento dell'arco. Onde evitare successive confusioni diviene, a questo punto, indispensabile prospettare la diversificazione originaria fra le due definizioni, catapulta e balestra. Il termine *catapulta* fa parte ormai del parlato corrente, concreto e figurato, con il preciso significato di macchina a molla impiegata per scagliare ad una certa distanza un oggetto, che per l'antichità è costantemente immaginato costituito da una palla di pietra di diametro più o meno grande. Molteplici le voci derivate, tra cui anche i verbi *catapultare* e *catapultarsi*, sinonimi nel linguaggio quotidiano di sbalzare e di precipitarsi, verbi che in sostanza sembrano descrivere, perfettamente, il funzionamento della supposta macchina da lancio.

Del tutto desueto, invece, il termine **balista,** o ***ballista***, sostituito dal moderno **balestra**, peraltro al presente impiegato quasi esclusivamente per designare l'omonima e somigliante sospensione per autoveicolo. Anche in questo caso tanto *balista,* che *balestra,* designano nel linguaggio corrente due macchine belliche, l'una di epoca romana l'altra medievale, destinate rispettivamente a lanciare la prima grosse pietre sferiche e la seconda tozzi dardi. Tali accezioni sebbene, assolutamente improprie, almeno fino agli ultimi secoli dell'Impero romano, sono stabilmente utilizzate persino nella pubblicistica storico-militare. Per derimere la questione è indispensabile, allora, rifarsi all'etimologia dei due vocaboli, peraltro entrambi di origine greca.

In *catapulta* risulta ancora evidente la fusione della particella ***xatà***, *contro*, con il sostantivo ***pèlté***, *scudo*: il composto è chiaramente la qualifica di un arma elaborata per aver ragione dello scudo, capace cioè di trapassarlo con i suoi proietti. A voler essere ulteriormente precisi *péltè* era il piccolo scudo utilizzato dagli arcieri per proteggersi dai simmetrici lanci degli avversari. Ora assodato che essi intervenivano negli scontri da una cospicua distanza, la sola minaccia che paventavano erano appunto le frecce nemiche. Pertanto riuscire ad aver ragione del suddetto scudo equivaleva ad indirizzarvi contro proiettili in grado non solo di raggiungerlo ma di trapassarlo, quindi acuminati cioè dei dardi e non già delle palle di pietra.

Quanto a *balista*, appare etimologicamente ancora esplicito il riferimento alla *balla*, cioè alla sfera di pietra fungente da proietto. L'origine, però, è ravvisata dagli studiosi nella voce verbale greca *bàllein,* che significava *scagliare*, e per antonomasia *lanciare una pietra.* La balista perciò scagliava palle di pietra. Lentamente tanto il vocabolo che l'arma persero tale originaria determinazione, trasformandosi, già allo scadere dell'Impero romano,

dapprima in *balistra* e quindi in balestra, notissimo propulsore per dardi quadrati dalla cuspide di ferro. Sebbene da quel momento si sia innescata la ricordata confusione, per il millennio precedente non si registra nulla del genere, consentendoci perciò di impiegare senza alcuna approssimazione le originarie denominazioni.

Come in precedenza ricordato l'invenzione delle artiglierie meccaniche a flessione viene fatta risalire all'iniziativa del tiranno di Siracusa, Dionisio il Vecchio, nel 399 a.C.. Non mancano, però, studiosi propensi a retrodatare considerevolmente tale avvento, collocandolo inoltre, con argomentazioni relativamente condivisibili, nel contesto ebraico dell'VIII secolo a.C.. Tuttavia appare estremamente probabile che i congegni, ai quali sembrano far riferimento persino alcuni enigmatici accenni della Bibbia, fossero in realtà rudimentali arieti, macchine lontanissime quindi dalle artiglierie meccaniche, scambiate per tali solo a causa di inesatte traduzioni. Di certo l'approssimazione e l'improprietà linguistica delle fonti rende l'argomento estremamente dibattuto e controverso.

A fornire credibilità alla retrodatazione contribuisce senza dubbio la fin troppo prolungata, e pertanto quasi irreale, stasi evolutiva che caratterizzò il lungo medioevo ellenico. Non a caso alcuni celebri studiosi hanno evidenziato, pochi anni or sono: "...il pesante ritardo della tecnica militare, sia per quanto concerne i mezzi di attacco, sia per quel che riguardava i mezzi di difesa delle piazzeforti. «Fu solamente a partire dall'inizio del IV secolo che iniziò a verificarsi una seria evoluzione. Si procedette ancora molto lentamente sino a che i successi folgoranti riportati da Filippo il Macedone e da suo figlio Alessandro aprirono gli occhi a tutti». In precedenza le tecniche della poliorcetica e quelle riguardanti le macchine da guerra erano veramente rudimentali, ancorché si facesse uso di macchine delle quali le nostre fonti documentarie hanno cura di fare menzione. E' probabile che si trattasse ancora di arieti. L'incertezza degli storici non è, come spesso accade in questo campo, un'incertezza di nomenclatura? ...I nomi che ci sono pervenuti prima del IV secolo sono rari, estremamente rari. Segnaliamo il nome di Mandrocle che, per le armate di Dario (522485 a.C.) gettò un ponte di barche sul Bosforo «attuando ciò che Dario aveva in animo». Il re ne fu così entusiasta che se ne fece dipingere un quadro di grande dimensioni. Mandrocle era di Samo. Piacerebbe certamente conoscere meglio Artemone di Clazomene (469429 circa), nel quale certuni hanno visto il «fondatore della nuova poliorcetica». Era ingegnere e costruttore di macchine. Dimostrò la sua abilità durante l'assedio di Samo (430429 a.C.)..."(**31**). Indispensabile, pertanto, prendere con estrema circospezione le notizie dalle fonti e correlarle, ogni volta che sia possibile, con i reperti archeologici di strutture, di proietti e di componenti meccaniche di siffatte artiglierie, uniche informazioni attendibili in materia.

Sebbene l'avvento delle artiglierie elastiche venga correntemente fatto risalire agli albori del IV secolo appare senza dubbio più coerente attribuire a tale data soltanto il prodromo della bimillenaria vicenda. Essa, infatti, attinse il suo armonico sviluppo e la piena maturità tecnica alcuni decenni dopo, nel contesto delle grandi trasformazioni mili-

---

31 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p. 171.

tari manifestatesi intorno alla metà di quello stesso secolo. Si trattò, per quanto possiamo attualmente arguire, senza dubbio di una vera: "...rivoluzione nell'armamento dei soldati, nell'impiego delle milizie mercenarie, certo, ma anche evoluzione nel ruolo e nella costruzione di sistemi di fortificazione nel corso di questa prima metà del IV secolo. Alcune città restaurarono le loro mura e ne costruirono di nuove in pietra; si scavarono fossati per difendersi dalle macchine, fatto questo che sembra proprio dimostrare come le macchine fossero divenute più potenti ed anche più efficaci; si adottarono spalti rilevati, si facilitò la difesa delle mura laterali mediante barbacani e contrafforti, si moltiplicarono le torri.

La potenza della nuova tecnica bellica d'attacco, e ritroveremo questo fenomeno a più riprese, ha dunque costretto i greci ad un'evoluzione dei sistemi di fortificazione. E' possibile che in quest'epoca il genio meccanico dei greci si sia considerevolmente sviluppato. Non sarebbe sorprendente che l'arte militare, in particolare per ciò che concerne le macchine, abbia approfittato di certe esperienze nelle quali ricerca teorica e ricerca applicata venivano ad essere alleate..."(**32**). E le esigenze della guerra per la creazione di vasti imperi coloniali dovette giocare un ruolo determinante fra l'etnie più coinvolte nella vicenda, non a caso greca e punica. Di certo quando nel IV secolo a Siracusa il tiranno Dionisio riunì una equipe di scienziati per progettare macchine belliche rivoluzionarie vigeva nell'Isola una feroce conflittualità con i Cartaginesi. Le concomitanti circostanze ci portano a ribadire che l'ipotesi più fondata circa la matrice delle artiglierie meccaniche resta quella italiota, non fosse altro che per la straordinaria concentrazione dei migliori cervelli dell'epoca alla corte del volitivo tiranno.

Per vagliare meglio quel vivace contesto scientifico, va ricordato che: "...è indubbio, nella vicenda, il ruolo sostenuto dall'emulazione dei costruttori e dall'esaltazione civica, sulle quali insiste Diodoro: questi fattori psicologici non sono affatto negabili; occorre ancora, però, che i tecnici di Dionisio fossero non soltanto bramosi di farlo, ma soprattutto capaci di farlo.

E' evidente che la loro opera, al riguardo, fu facilitata dall'ampiezza dei mezzi materiali messi a loro disposizione dal tiranno siracusano, e che il loro genio personale non poté che guadagnare dal contatto con altri specialisti non esclusivamente originari della Sicilia, ma anche d' «Italia, di Grecia e dell'impero cartaginese»..."(**33**). Ad ogni buon conto è significativo che i pitagorici di Taranto, senza dubbio i massimi competenti all'epoca in meccanica applicata, mantenessero relazioni epistolari con Dionisio. E' sensato, pertanto, supporre che, in quel particolare scorcio storico, armi tanto sofisticate non furono il frutto delle fatiche di un unico inventore, di qualsiasi nazionalità fosse stato, ma piuttosto di una scuola di pensiero, come appunto quella dei pitagorici di Taranto.

A rendere tale ipotesi meno astratta contribuisce pure la connotazione della stessa scuola, perfettamente calzante ad una istituzione dedita a ricerche di tipo militare. In particolare: "...la scuola di Pitagora, la cui influenza si diffuse in Italia poco più tardi, ebbe

---

32 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p. 172.

33 - Da Y.GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 166. La traduzione è dell'A.

maggiore unità, tanto da suggerire l'idea di una setta. Si atteggiò a confraternita, organizzata in ordine gerarchico; i membri potevano essere ammessi soltanto con l'approvazione del caposcuola, e ricevevano un'iniziazione. A volte tra i discepoli di Pitagora sono nominate anche donne; se ne trovano anche nelle scuole filosofiche successive. Tollerate o introdotte di nascosto, le donne sembrano aver svolto un ruolo non trascurabile nella vita intellettuale greca. Nell'età romana la loro influenza, al contrario, venne meno, né per molti secoli parteciparono più a simili attività. L'influenza dei pitagorici provenienti da Crotone si estese a tutte le città greche. Fu così che i filosofi dettero ombra al potere politico, sia a causa della potenza delle loro associazioni, sia per le idee che diffondevano tra i contemporanei. Nelle varie città sorsero via via altre scuole, ma nessuna ebbe un così spiccato carattere di setta come quella di Pitagora..."(**34**).

Perfettamente congrua a quell'ambito, volutamente oscuro, la figura di Archita di Taranto: "...nato verso il 430 a.C. e morto in un naufragio sulle coste della Puglia verso il 348 a.C..

---

34 - Da M.DAUMAS, *Storia della scienza*, Bari 1969, vol. I, pp. 42-43.

31 - Fu lungo questa costa, inquadrata da S. Maria di Leuca verso nord, che nel 348 a.C., in seguito ad un naufragio perì l'allora celebre, ed oggi misconosciuto, Archita uno dei massimi ingegneri dell'antichità.

Fu un personaggio di grande rilievo, insieme uomo di Stato e uomo di scienza, che non trascurò tuttavia gli aspetti pratici. Discepolo di Filolao, membro della scuola pitagorica, scrisse numerose opere di cui restano solo piccolissimi frammenti... Ma accanto a questi meriti... Archita è presentato come un vero inventore... Vitruvio cita Archita come scrittore di argomenti di meccanica applicata. «Archita, che eccelleva nella fabbricazione di macchine, volendo usare la geometria e la speculazione per gli usi della vita, ne aveva fatto ogni sorta di applicazioni». E' ancora Plutarco che ci parla di lui:

> *Perché quest'arte di inventare, di approntare strumenti e dispositivi, che si chiama meccanica, o organica, tanto ammirata e apprezzata da ogni genere di persone, fu all'inizio messa in evidenza da Archita e da Eudosso, in parte per ingentilire ed ornare un poco la scienza della geometria con queste delicate realizzazioni e in parte anche per sostenere e fortificare con esempi di strumenti materiali e sensibili alcune proposizioni geometriche, di cui non è possibile trovare le dimostrazioni concettuali con ragioni indubitabili e necessarie...*

Il ruolo di Archita appare, per quanto possiamo giudicare, essenziale nell'affermazione di una meccanica applicata più razionale. La tappa rappresentata da Archita era insostituibile e non ci si rammaricherà mai abbastanza di non poter meglio conoscere la sua opera... In quest'epoca la Grecia ha certamente attinto parte della propria meccanica bellica da altri popoli. Gli orientali erano riconosciuti come maestri nella poliorcetica... L'ispirazione a macchine belliche della Sicilia è in verità altrettanto plausibile. I primi che paiono essersi creati un grande parco di macchine d'assedio furono i Cartaginesi..."(**35**).

Nessuna meraviglia che affiori ancora una volta l'ipotesi di una paternità cartaginese per le artiglierie meccaniche: le fonti sono poche e sempre uguali. Se mai la puntualizzazione dimostra l'ampio grado di condivisione, esplicita od implicita, sul ruolo avuto in materia dal tiranno di Siracusa e dalla sua *equipe* di scienziati, che, peraltro, non nega affatto una cooptazione esterna dell'arma, o una sua elaborazione contemporanea in altri siti. Anzi una significativa conferma di tale ipotesi si ravvisa proprio nel cospicuo numero delle sue varianti, con l'unico fattor comune di scagliare dardi antiuomo e non sfere di pietra o di metallo per demolizioni. In ogni caso ben poche certezze esistono e per l'epoca esatta della loro comparsa e per le loro precise caratteristiche tecniche, e persino, se realmente quelle a flessione furono antecedenti a quelle senza dubbio più complesse e sofisticate che impiegavano come accumulatore energetico matasse elastiche sottoposte a deformazione per torsione.

Se sulla paternità dell'artiglieria meccanica a flessione esistono molti e motivati dubbi, senza nessun riscontro storico attendibile, di gran lunga di meno, invece, se ne

---

35 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p. 173.

nutrono circa le caratteristiche basilari di tali armi, rintracciandosene alquante descrizioni nelle fonti. E proprio queste ci confermano la supposta volontà di superare irreversibilmente i descritti limiti fisiologici. Il congegno, infatti, ad una attenta analisi è la precisa riproduzione meccanizzata della sequenza di tiro di un arciere. Il che determinava l'eliminazione del deleterio accumulo di tensione psicomotoria antecedente lo scoccare della freccia, provocato dal sommarsi della massima concentrazione necessaria per la punteria con il massimo sforzo muscolare richiesto dal mantenere nel frattempo armato l'arco.

E' significativo, infatti, che queste: "...antiche macchine lanciavano probabilmente frecce utilizzando archi poco più potenti di quelli che potevano essere tesi da un uomo. Meccanizzando la tensione dell'arco e lo scatto della corda, però, gli inventori delle catapulte resero possibile la costruzione di archi molto più potenti..."(**36**). Ma anche in questo caso la sequenza operativa restò strettamente aderente a quella tipica dell'arciere, discostandosene principalmente nella fase di messa in tensione degli archi. E poiché proprio per la loro potenza non potevano essere armati in modo tradizionale, si escogitò un curioso sistema, da cui il nome ancora più curioso dell'arma.

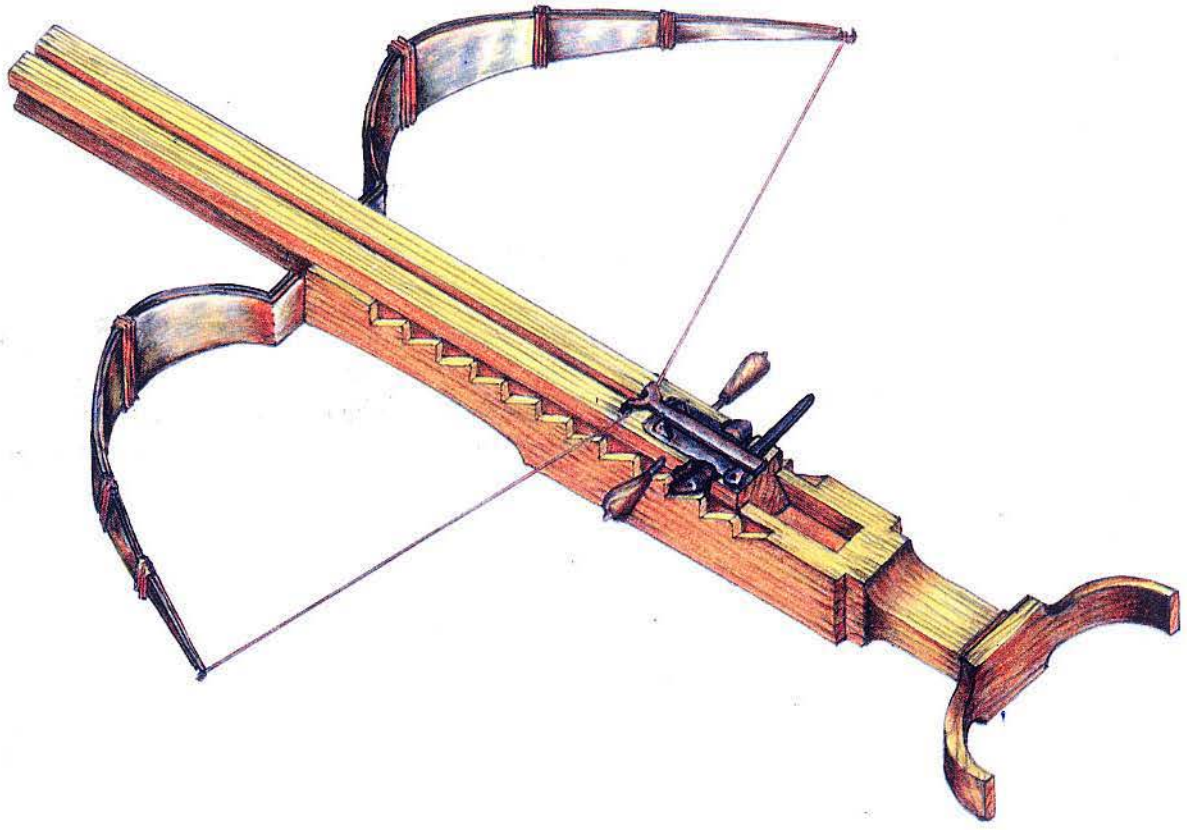
I gastrafete

I trattatisti e gli autori classici più antichi, nelle loro opere, fanno spesso riferimento ad un enigmatico tipo di macchina da lancio antiuomo, di uso individuale, che definiscono con l'enigmatico nome di *gastraphetes*. In epoca meno arcaica la medesima arma fu definita anche *arcoballista*: in entrambi i casi, come accennato, sembrerebbe potersi equiparare ad una antesignana balestra 'manesca': un arco composito fissato ad un fusto, a sua volta munito di arresti laterali ma privo del meccanismo di sgancio e del vericello. Pertanto a tendere la corda provvedeva una slitta, di legno di poco più lunga del fusto e su di esso scorrevole, alla quale stava fissato l'arpione.

Sin dai primi esemplari, all'estremità posteriore del fusto dei gastrafeti, compare una strana staffa curva, con la concavità volta verso l'esterno, saldamente fissatavi mediante una legatura, od un apposito incastro. Al momento di caricare l'arma il tiratore inseriva nella sua rientranza la parete gastrica, o più esattamente la fascia muscolare dello stomaco -da cui la denominazione dell'arma- collocando contemporaneamente contro un muro la punta della slitta mobile, fuoriuscente per 2/3 dal fusto. Spingendo quest'ultimo in avanti con il peso del busto, si provocava l'arretramento relativo della slitta, il cui arpione impegnava la corda, mettendo così in tensione l'arco. All'istante che l'estremità posteriore del fusto e della slitta coincidevano il movimento cessava e l'arma era carica.

Per evitare che la slitta, al crescere della tensione dell'arco potesse sganciarsi accidentalmente, o sfuggire nei modelli più rozzi dalli mani del tiratore danneggiando irreparabilmente l'intera arma, lungo i bordi superiori del fusto vennero praticate due teorie di

36 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 87.



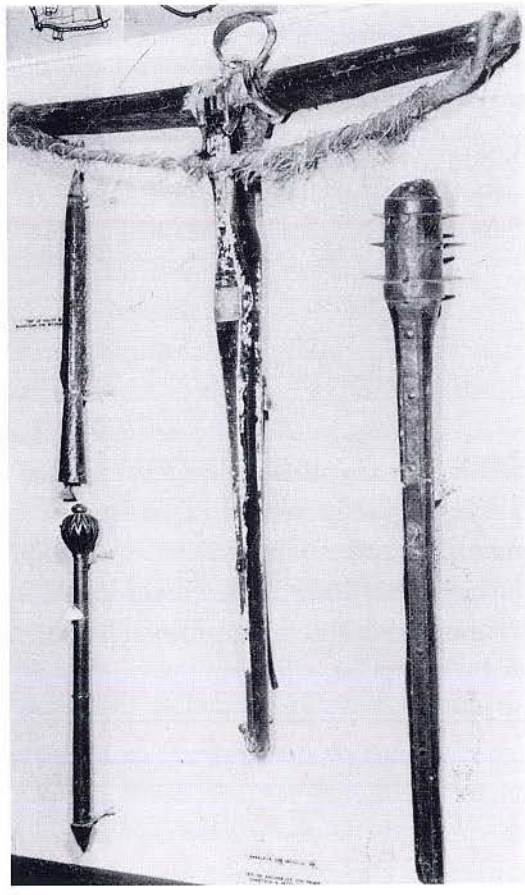
XI - GASTRAFETE: ricostruzione grafica di un arcaico *gastrafete*. A differenza della più moderna balestra, la corda del suo arco non era trascinata da un semplice arpione fino all'arresto posteriore, ma dall'intera slitta solidale all'arresto stesso e recante sulla sua superficie il canale di lancio.Pertanto bloccando la sua estremità anteriore contro una solida struttura e spingendo l'intera arma dall'estremità opposta con la parete dello stomaco se ne provocava il caricamento. La coppia di maniglie costituisce una plausibile miglioria dell'arma.

denti di arresto nei quali giocavano due nottolini solidali con la slitta stessa. Essi provvedevano a bloccarla in sicurezza sia durante l'arretramento sia al termine, consentendo di svolgere tutte le successive sequenze di tiro in piena calma e rilassatezza.

Ovviamente senza la staffa l'operazione non avrebbe potuto effettuarsi in alcun modo per l'insostenibile pressione che il calcio avrebbe esercitato sull'addome. Tuttavia, oltre al sistema di caricamento descritto, è molto probabile, che negli archetipi iniziali per agevolare l'operazione, ai lati della slitta fossero applicate due maniglie. Si sarebbe così evitato, nel corso della forzatura contro il muro, di rischiare di danneggiare la delicata parte terminale del canale. Di esse però non si trova alcuna menzione nelle fonti, ragione non sufficiente per escluderle. Di sicuro il *gastrafete,* esattamente come oltre un millennio dopo la balestra, venne realizzato in talmente tante varianti che ogni esemplare costituiva

quasi un prototipo a se stante. Nessuna meraviglia perciò sulla presenza delle maniglie: in tal caso, però, lo sforzo sarebbe stato sostenuto dai muscoli delle braccia e non dal peso del corpo, esercizio che avrebbe prodotto, dopo un certo numero di lanci, una comprensibile stanchezza con le ovvie conseguenze, probabile motivo del suo abbandono. A ben riflettere si potrebbe ravvisare in quel singolare supporto per lo stomaco, una sorta di premessa, sempre di configurazione anatomica ma inversa rispetto alla balestra medievale. Questa, infatti, era dotata, per lo stesso scopo di una staffa anteriore nella quale il tiratore doveva inserire il piede.

Come accennato il gastrafete può ritenersi il congegno destinato a meccanizzare la procedura di lancio di frecce con l'arco. In pratica, fermo restando il probabile suggerimento inventivo fornito dalla protobalestra cinese, si partì dalla constatazione che il braccio sinistro, perfettamente teso, impugnava l'arco con la mano. Quello destro, a sua volta, trattenendo la freccia e la corda con l'altra mano, trascinava quest'ultima ritraendosi, mettendo così in tensione l'arma. Prendendo spunto da quanto descritto un primo robusto listello di legno, detto fusto o teniere, andò a sostituire il braccio sinistro ed alla sua estremità si vincolò l'arco. Questo, per essere di tipo composito disponeva, molto opportunamente, di una sezione centrale rettilinea: tramite una saldissima legatura la si fissò ortogonalmente alla parte inferiore della testa del fusto, in modo da non intralciare il movimento della slitta. Fin qui nessuna differenza con la balestra, specialmente con i suoi prototipi più rudimentali.



32 - Balestra tardo medievale costruita nella regione dei Carpazi: di fattura estremamente rozza, mostra chiaramente il robusto giuntaggio ortogonale fra il teniere e l'arco. Quest'ultimo, in effetti, è piuttosto una solida traversa estremamente rigida. L'esemplare è conservato nel Museo Archeologico di Bucarest.

Dove invece se ne discosta era nel secondo listello, destinato a fungere da braccio destro. Di dimensioni minori del precedente, veniva realizzato giuntando longitudinalmente due assi. Di queste l'inferiore, con sezione a trapezio isoscele, si inseriva nella scassa a coda di rondine ricavata nel fusto in modo da potervi scorrere liberamente avanti e indietro: dal che il nome di slitta all'intero pezzo. Quella superiore, invece, con sezione rettangolare, era solcata quasi per l'intera lunghezza da un canaletto centrale, a sezione semicircolare, nel quale si piazzavano le frecce. Terminava a breve distanza dall'estremità posteriore della slitta, a contatto con una piastra di metallo sorreggente una sorta di forcella basculante destinata a trattenere la corda, esattamente come le due dita della mano destra dell'arciere.

Un listello di ferro bloccava lo scatto, rimovendolo si liberava la corda. In dettaglio: "...per meccanizzare i movimenti della macchina, i progettisti delle catapulte incorporarono in esse un certo numero di importanti particolari costruttivi. L'elemento principale nella catapulta era il fusto, che formava l'asse principale dell'arma. Nella parte più alta di questo fusto composito c'era una guida a coda di rondine nella quale poteva scorrere avanti e indietro un altro fusto di dimensioni inferiori, la slitta. La slitta trasportava nella sua parte posteriore un dispositivo di aggancio e scatto, destinato appunto a bloccare e liberare la corda dell'arco. Davanti a questo dispositivo c'era una scanalatura, sulla parte superiore della slitta, nella quale la freccia era alloggiata e dalla quale veniva lanciata. Per armare l'arco, si faceva avanzare la slitta finché il dispositivo di bloccaggio poteva agganciare la corda dell'arco. Poi la slitta veniva riportata all'indietro finché l'arco era teso completamente..."(**37**).

Come ricordato i dardi prima, e le palle di pietra poi, venivano collocati nel canale della slitta davanti alla corda. Quando questa si liberava dalla forcella, rientrando violentemente, impegnava subito la cocca del dardo, trascinandola, imprimendogli così una poderosa accelerazione. Sebbene non siano possibili calcoli precisi, si deve ritenere che la velocità iniziale fosse sensibilmente superiore a quella delle tradizionali frecce, caratteristica che ne determinò una diversa configurazione geometrica, alquanto più tozza. Infatti, come numerosi reperti archeologici attestano, la prima differenza si ravvisa nel diametro maggiorato della sua asticciola. Quanto alla cuspide si adottò una forma del tutto inedita, abbandonando la ultramillenaria sagoma a triangolo: dovendo anch'essa rientrare nel canale fu forgiata dello stesso diametro dell'asticciola. In dettaglio constava di un puntale conico, o piramidale di ferro, cioè a sezione rotonda o quadrata, con al posto del peduncolo di base una gorbia, cioè un piccolo cono cavo nel quale si infilava la punta dell'asticciola, invertendo così la prassi che fino ad allora aveva voluto la cuspide infissa nell'asta. In alcuni casi, quando le catapulte divennero ancora più potenti l'intera freccia si costruì con un sol pezzo di metallo, in modo da sopportare meglio l'accelerazione di lancio, accumulando una maggiore quantità di energia cinetica. Ma nei primi esemplari la cuspide è fissata ad un'asticciola cilindrica per lo più di frassino, diritta e sottile, non di rado eseguita al tornio.

---

37 - Da W. SOEDEL, Y. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p.89.

Quanto alla coda, ed in questo caso i reperti sono di gran lunga più rari dei precedenti per l'eccessiva deperibilità dei materiali impiegati, appare spesso munita di governale a tre impennaggi, non a 120° fra loro ma a 90°-90°-180°. La disposizione asimmetrica scaturiva dall'esigenza di fra aderire il dardo alla scanalatura, per la sua intera lunghezza.Quanto alle penne se ne impiegarono soprattutto d'ala di oca, sostituite non di rado in seguito da lamelle di cuoio.

Non essendo la corda in fase di punteria a contatto con la freccia, quest'ultima non ebbe abitualmente l'estremità dotata di incoccatura, resa inutile del resto anche dal diametro maggiore dell'asticciola. Anche la sua lunghezza del resto eccedeva quella tradizionale: tuttavia appare credibile che almeno nei primi *gastrafeti* si impiegassero le medesime frecce dei tradizionali archi, di lunghezza compresa fra i 50 ed i 70 cm. In breve, però, vennero sostituiti da quelli appositamente realizzati, più pesanti e corti.

Per restare alla corda va evidenziato che il meccanismo di aggancio e scatto, posizionato sulla parte posteriore della slitta, fu realizzato sempre interamente in metallo, per lo più in ferro forgiato. Tale opzione, purtroppo, non ne ha favorito affatto la conservazione: fino ad oggi di piastre del genere non ne è stata ritrovata alcuna, neppure in pessime condizioni. Forse l'irreperibilità deve ascriversi alla rapida ossidabilità del ferro, forse all'incomprensione degli eventuali frammenti ridotti a croste di ruggine. A differenza, infatti, delle flangie in bronzo delle artiglierie a torsione, delle quali ne sono riaffiorate, in regioni molto distanti tra loro, un paio di dozzine, nulla ci è pervenuto del congegno di scatto. Eppure per essere adottato tanto sui pezzi a flessione che su quelli a torsione, grandi o piccoli che fossero, dovette conoscere una produzione di gran lunga più nutrita delle suddette flangie, il cui bronzo, peraltro, oltre ad essere più pregiato, risultava facilmente riutilizzabile in qualsiasi momento. Il che induce a formulare una ipotesi alternativa.

Assodato dalle fonti che per la sua accertata affidabilità e funzionalità la piastra fu l'unica componente dei *gastrafeti,* prima, e delle catapulte e delle baliste, poi, che venne riprodotta per quasi un millennio senza stravolgenti alterazioni o modifiche di sorta, fatte salve le diverse dimensioni imposte dalla potenza delle macchine di destinazione, è credibile supporne un reiterato riuso. In altre parole, considerando la deperibilità di quelle macchine di legno e la difficoltà di costruire qualsiasi meccanismo di ferro quand'anche elementare, difficoltà incrementatasi con l'avvicinarsi della dissoluzione dell'Impero romano, non richiede fantasia supporre che una singola piastra sia stata impiegata su intere dinastie di artiglierie. E, poiché la piastra con forcella basculante sopravvisse fino alla scomparsa di quelle antiche, ciascun esemplare, anche quelli montati su macchine danneggiate in guerra o catturate, si recuperò, restaurò e rimontò innumerevoli volte fino alla sua completa consunzione: solo allora finì nei rottami di ferro, in attesa del crogiolo.

Circa la sua più probabile configurazione meccanica il congegno di scatto può, in linea di massima, equipararsi ad una sorta di piccolo piede di porco biforcuto con l'asta attraversata centralmente da un foro cilindrico. Un perno passante la sorreggeva tra due supporti verticali saldati sulla stessa piastra, consentendole di basculare: la sua forcella sollevandosi di qualche centimetro si staccava allora dalla piastra. Il movimento della forcella avveniva automaticamente, provocato dalla forte tensione della corda sui suoi due arpioni, quando ne veniva rimosso l'arresto. Questo era costituito da una lunga barretta

di ferro imperniata sulla piastra e posta al di sotto della coda della forcella, in modo da impedirle il più piccolo movimento. Facendolo ruotare si liberava la forcella, che sollecitata dalla corda si sollevava rilasciandola. L'arco allora, non più vincolato recuperava istantaneamente la sua configurazione originaria, trascinando la corda che imprimeva un violento impulso al dardo, espellendolo dal canale.

Quanto all'operazione inversa, quella cioè di caricamento, va osservato che la lunghezza della slitta dei *gastrafeti* si dimensionò in funzione della tensione dell'arco. La sua corsa, infatti, doveva corrispondere alla retrocessione massima della corda, a sua volta pari alla flessione massima che l'arco poteva sopportare. Ora, ricordando che l'operazione di caricamento si compiva facendo rientrare i 2/3 di slitta che sporgevano anteriormente dal fusto, occorreva che la dimensione della stessa fosse tale da consentirlo.

Una ulteriore precisazione deve compiersi riguardo alla complanarietà fra la corda e la superficie superiore della slitta. L'arco, come più volte evidenziato, nelle balestre ed ancora maggiormente nei *gastrafeti* era fissato in testa al fusto, ovviamente al di sotto della slitta e del suo canale, in modo da lasciare libera la linea di mira e, soprattutto, incrementare l'aderenza della corda sul fusto. Supponendo che i suoi corni si fossero trovati esattamente allo stesso livello del suo centro, ovvero del giuntaggio col fusto, la corda avrebbe avuto per conseguenza gli estremi talmente bassi rispetto alla superficie della slitta da non potervi scorrere sopra. Per ovviare al grave inconveniente i corni dell'arco vennero piegati all'insù, fin quasi al livello del canale, senza renderli però complanari ma mantenendoli leggermente sottoposti, in modo che la corda sfregasse sempre sullo stesso. L'espediente garantiva che in ogni circostanza e con qualsiasi tipo di dardo, anche di piccolissimo diametro, la capacità di trascinamento risultasse invariata, senza alcun rischio di salti o di sganciamenti. La medesima soluzione si ritroverà, sostanzialmente immutata, anche nelle balestre medievali. Completamente assente, invece, nelle artiglierie meccaniche a torsione che non ebbero alcun bisogno di siffatto rimedio, potendosi stabilire con millimetrica precisione l'altezza dei bracci, senza nessun vincolo strutturale, evitando perciò qualsiasi attrito generato dallo strofinio.

Tornando al sistema di caricamento dei *gastrafeti,* con l'incrementarsi della potenza degli archi fu subito evidente che occorreva escogitare qualcosa di completamente diverso. Del resto, pochi decenni dopo, per rendere più stabile l'intera arma, cresciuta nel frattempo anche di dimensioni ed ovviamente di peso, fu introdotto un rudimentale affusto, assolutamente incompatibile con l'originaria procedura. Pur non avendosi al riguardo alcun conforto dalle fonti, è molto verosimile che la soluzione adottata consistette in un rudimentale verricello. Più precisamente, si sarebbe trattato di un piccolo tamburo di legno, collocato sulla coda dell'arma fra due tavole. Postolo in rotazione mediante alcune leve, od aspi, anch'esse di legno si alava la fune fissata alla slitta provocando la retrocessione della stessa ed il caricamento dell'arma. La doppia cremagliera di arresto rimase immutata, soltanto appena più grande.

Per quanto concerne, invece, l'affustamento dei *gastrafeti* deve supporsi avvenuto, come accennato, poco dopo la loro invenzione, forse ancora prima del potenziamento dell'arco, per una fin troppo logica constatazione. La meccanizzazione dell' arco composito,

introdotta per eliminare l'eccessivo stress muscolare a cui erano sottoposti i tiratori costretti a mantenere tesa la corda, paradossalmente si ripresentava causata questa volta dal dover sostenere un'arma molto più pesante. La soluzione scaturita, quasi sicuramente, dalla pratica di poggiarne il fusto sopra il parapetto, o sulla base delle feritoie, consistette nell'impiegare, dapprima, degli approssimati cavalletti volanti, simili a quelli impiegati dai muratori. In breve l'espediente, dimostratosi valido, si trasformò in una componente strutturale del *gastrafete*, aggregandosi stabilmente al suo fusto: si originò così quello che da allora sarà l'*affusto*.

Stando alle lacunose fonti sembrerebbe che la struttura di quell'antesignano affusto fosse a tripode, ovvero un cavalletto a tre zampe, poggianti su di un solido basamento triangolare. Più precisamente si sarebbe trattato di un robusto telaio realizzato con tre travi squadrati e giuntati fra loro, in modo da formare un grosso triangolo. Dai suoi vertici si dipartivano tre montanti, fatti convergere in unico incastro superiore, dal quale fuoriusciva un grosso perno di ferro, o di bronzo. Su quello stava liberamente inserita una forcella, capace perciò di brandeggiare a 360°.

I suoi due bracci verticali erano attraversati da un secondo robusto perno di metallo, perpendicolare al precedente, che attraversava anche il fusto del *gastrafete*, in prossimità del suo baricentro. L'arma, pertanto, poteva basculare in un piano verticale, assumendo teoricamente un qualsiasi angolo, in concreto non eccedente i –15° in depressione ed i 30° in elevazione, un settore cioè pari ad un ottavo di circonferenza. Correlando la rotazione orizzontale consentita dal primo perno con quella verticale del secondo, balza evidente che il dispositivo appena descritto fosse in pratica un giunto universale. Per essere più precisi era il medesimo giunto che, quasi due millenni dopo sarà chiamato dal nome del suo presunto inventore, *giunto cardanico*. Sempre lo stesso che dopo molti altri secoli ancora troverà massiccio impiego nelle costruzioni meccaniche, in genere, e negli autoveicoli in particolare: in una normale autovettura per la sola trazione se ne contano, mediamente, almeno quattro!

La forma geometrica del descritto affusto, fatte salve le debite dimensioni, si può immaginare sostanzialmente identica a quella di un moderno cavalletto a tre piedi per mitragliatrice. Per la prima volta, suo tramite, un'arma poteva, senza alcuno sforzo, assumere una qualsiasi linea di mira, esente da ogni sia pur minimo tremolio od oscillazione. La validità dell'invenzione è confermata dalla sua longevità e diffusione: basti pensare che anche le telecamere utilizzano un cavalletto del tutto identico, persino nel basamento, come pure le macchine fotografiche, gli strumenti topografici e non ultimi i pittori per le loro tele!

Occorre ancora osservare che sebbene il bilanciamento fra la parte del *gastrafete* antistante il perno orizzontale, quello di basculamento, e quella posteriore fosse attentamente ricercata, in realtà non venne mai effettivamente conseguita. Del resto mutandosi la configurazione dell'arma, dallo stato di riposo a quello di tiro, mutava pure la posizione del baricentro: il che implicava inevitabilmente una preponderanza verso la bocca o verso la culatta. Pertanto il tiratore doveva mantenere il fusto, abbassato o sollevato, per l'intera durata del lancio. Sebbene nelle armi di minori dimensioni l'esigenza non creava difficoltà, in quelle maggiori invece dava origine ad approssimazioni di punteria progres-

sivamente crescenti. Considerando, inoltre, che il meccanismo di scatto, per accurato che fosse stato, non mancava di imprimere ulteriori oscillazioni, si comprende la ragione per l'adozione di un apposito supporto. In pratica, tra il fusto ed il montante posteriore del tripode, si inserì un listello di legno, imperniato sull'uno o sull'altro. In entrambi i casi, però, il funzionamento risulta identico: mutandone l'inclinazione mutava l'inclinazione dell'intero fusto per cui l'arma assumeva angoli di punteria diversi. In definitiva il dispositivo fungeva da approssimato alzo, trovando una sostanziale riproposizione anche nelle artiglierie a polvere. E, proprio come accortamente perseguito nella fabbricazione dei cannoni, anche nei *gastrafeti*, stando alle solite lacunose fonti, sembrerebbe costantemente mantenuta una preponderanza verso la 'culatta', magari persino accentuata con opportuni pesi, forse realizzando il tamburo del verricello in bronzo. In tal modo la stabilità dell'arma, dotata del suddetto dispositivo di alzo, risultava accresciuta considerevolmente, a discapito, però della celerità di brandeggio. Giocando, infatti, il listello tra il fusto ed il sottostante montante del tripode, non consentiva rotazioni orizzontali superiore ai 30°, limite che deve supporsi coincidente con il campo di tiro assicurato dalla strombatura delle feritoie, ulteriore conferma dell'impiego, pressoché esclusivo, dei *gastrafeti* in funzione difensiva.

Di certo con l'adozione dell'affusto l'arma cessò di essere manesca e portatile per assumere la definizione da *posta, da banco* o, ancora, *da muro*, qualifiche tutte che ne riecheggiano l'impiego sulle fortificazioni. Per i Greci divenne semplicemente la *catapulta* per antonomasia. Per i Romani, poco dopo, senza dubbio per la somiglianza con l'insetto a chele spalancate e con il pungiglione venefico all'estremità della coda pronto a scattare per uccidere, fu, invece, lo *scorpione*, come testimonia inequivocabilmente Vitruvio affermando che:

"...son scorpioni, over balestre, catapulte cioè balestre da banco..."(**38**).

Le catapulte

Il confronto tra *gastrafete* di diverse connotazioni, dovette rapidamente confermare che le prestazioni erano funzione delle rispettive dimensioni. Sarebbe stato quindi possibile scagliare più lontano proietti più grandi semplicemente costruendo macchine più grosse. Non esistendo più limiti di peso per tali armi dopo l'adozione sistematica degli affusti, l'unico vero ostacolo al loro potenziamento restava sempre la capacità di costruire archi giganti. Significativamente, infatti: "...non abbiamo alcuna informazione circa lo sviluppo di questo tipo di arco per l'impiego nell'artiglieria, ma i maestri artigiani sarebbero stati soltanto lentamente capaci di produrre archi più grandi e potenti. Possiamo ragionevolmente stimare che un periodo di circa 30 anni o più trascorse fra la realizzazio-

38 - La citazione è tratta da *Il* De architettura *di Vitruvio nella traduzione...*, cit., p.388, e corrisponde a lib.X, cap.XV.

ne del primo arco composito per i *gastrafeti* e la produzione di archi enormi come quello per la prima grande macchina da lancio di pietre non a torsione, progettata da Isidoro di Abido..."(39).

Ad ogni buon conto realizzare un arco di circa 3 m di corda richiese il superamento di numerose difficoltà. Pur risapendosene dettagliatamente gli indispensabili requisiti tecnici, nonché la forma ottimale, trovare un materiale che con dimensioni del genere riuscisse ancora sufficientemente elastico per accumulare molta energia senza essere al contempo talmente rigido da non potersi piegare, si confermò un problema di improba soluzione. Diversamente dalla balestra medievale l'acciaio non era ancora disponibile con le giuste caratteristiche di elasticità, e soprattutto nelle debite dimensioni. La constatazione che nell'VIII secolo a.C. già esistessero spade d'acciaio non dimostra affatto che la metallurgia coeva fosse in grado di forgiare piattine lunghe oltre 3 m, abbastanza sottili, di spessore omogeneo e di perfetta ed uniforme tempera. Sebbene alcuni studiosi non ne scartino affatto la possibilità, non ne forniscono alcuna prova inconfutabile. Ma che la suddetta potenzialità sia illusoria trova implicita conferma nell'osservare che persino i Romani, ancora in epoca imperiale, nonostante la loro superiore tecnologia, non disponevano di archi d'acciaio del genere. Di più piccoli, che potrebbero supporsi anche i diretti discendenti dei remoti archetipi di bronzo, in precedenza ricordati, se ne trova traccia al profilarsi delle invasioni barbare.

Ovvio pertanto concludere che, per la costruzione di archi giganti il criterio informatore non si discostasse eccessivamente da quello dei tradizionali archi compositi riflessi. Non può, comunque, escludersi che nella loro fattura entrassero, da un certo momento in poi, elementi metallici, come ad esempio fili di acciaio al posto dei tendini, o lamelle di ferro temprato al posto delle piastre cornee. Comunque quale che sia stato il sistema escogitato per ottenere archi simili una conseguenza fu immediatamente chiara: non era neppure pensabile di poterli caricare manualmente, sia tirando la slitta sia, meno che mai, spingendo anteriormente il fusto. Per l'identico motivo anche il meccanismo di scatto andava notevolmente rinforzato per evitare la rottura del perno della forcella o lo svellimento dell'intera piastra da parte della corda. Quanto a quest'ultima, del tutto assurdo immaginare di fissarla ai corni dell'arco con la sola forza fisica persino di alcuni uomini. La soluzione consistette nel dotare l'arma di un potente verricello posteriore. Suo tramite, grazie ad una falsa corda temporanea, si portava il grande arco ad assumere un configurazione prossima a quella di riposo, riuscendo facile, a quel punto, agganciargli la corda propriamente detta e quindi rimuovere la precedente. Se per flettere l'arco fino alla posizione di riposo occorreva il verricello è agevole intuire che forza occorresse esercitare sui suoi aspi per fletterlo fino alla massima tensione! E' probabile che se ne accrescesse al massimo il tamburo, allungando al contempo gli aspi: non può escludersi, tuttavia, che in alcuni casi si inserisse pure una taglia tra lui e la slitta.

Ad ogni buon conto fu proprio l'adozione di quel dispositivo la seconda grande intuizione, dopo l'affusto a tripode, applicata a partire dalla seconda metà del IV secolo a.C., sistematicamente su tutte le catapulte. Volendone meglio dettagliare le caratteristi-

---

39 - Da E.W.MARSDEN, *Greek...*, cit., p.56. La traduzione è dell'A.

che va precisato che in pratica consisteva in un arganello ad asse orizzontale, posizionato all'estremità posteriore dell'arma in un apposito alloggiamento ricavato fra le due guance del fusto. L'arganello, a sua volta, constava normalmente di tre componenti, di cui la prima era un tamburo cilindrico di bronzo, sul quale si avvolgeva l'organo di trazione, in genere una robusta e sottile fune fissata dietro la slitta. La seconda era il suo asse, che nelle macchine più piccole deve supporsi il tamburo stesso, appena ridotto di diametro ad entrambe le estremità in maniera da poter attraversare le guance del fusto, munite probabilmente di opportune piastre di ferro con boccole cilindriche. Le due parti terminali assumevano la sezione quadrata, dovendosi rendere solidali con la coppia di corone di bronzo munite di fori nei quali si infilavano le leve di legno, o aspi, per la loro rotazione, in modo da formare una doppia manovella, terza componente del congegno.

Agendo su entrambe le manovelle un paio di serventi posizionati ai lati del *gastrafete,* senza eccessivi sforzi riusciva a far girare il tamburo, alando così la fune. Questa avvolgendosi trascinava lentamente all'indietro la slitta, la quale, a sua volta, trattenendo la corda con la forcella, metteva progressivamente in tensione il grande arco. Essendo considerevolmente aumentate le forze in gioco, anche il dispositivo di arresto della traslazione retrograda fu irrobustito. I suoi nottolini di metallo a fulcro fisso si costruirono più grandi, con perni più spessi, come pure i denti delle cremagliere laterali, sui quali si andavano ad impegnare per compressione.

Cronologicamente, come accennato, il potenziamento dei *gastrafete,* determinato dall'affustamento e soprattutto dall'adozione del verricello di carica, sembra potersi ascrivere alla seconda metà del IV secolo. L'ipotesi però non trova d'accordo tutti gli studiosi. Alcuni di essi, infatti, protendono a collocare la seconda innovazione in un periodo leggermente più recente, comunque successivo alla comparsa delle catapulte a torsione. Per essi, anzi, sarebbe stata proprio la loro osservazione a suggerirne la cooptazione, essendo quest'ultime, per la maggiore potenza erogata dalle matasse elastiche, costruite sin dall'inizio con il suddetto verricello. Il ragionamento, di per sé plausibile, qualora confermato renderebbe il perfezionamento un estremo tentativo di protrarre l'utilizzo di macchine ormai giubilate. Va anche precisato, però, che in diverse circostanze le fonti fanno menzione ad entrambe le tipologie di artiglierie schierate fianco a fianco, essendo le rispettive prestazioni sotto alcuni aspetti complementari. Al riguardo basti pensare che uno scroscio improvviso di pioggia metteva fuori servizio i pezzi a torsione non perfettamente riparati, senza danneggiare invece quelli a flessione. Resta il fatto che tanto sulle catapulte a flessione che su quelle a torsione il verricello fu collocato esattamente nelle medesima posizione, e con le stesse accortezze, di quello che quasi due millenni dopo si impiegherà nelle più potenti balestre, dette appunto da *torno,* o a *martinetto,* o a *mulinello.*

I gastrafete di Bitone

Volendo concretamente esemplificare quanto delineato è senza dubbio interessante desumere da un antico testo classico le caratteristiche dei grandi gastrafeti di Zopiro, Caria e di Isidoro Abido. Per quanto attualmente valutabile sono tutte armi di discrete

dimensioni, l'ultima addirittura colossale, destinate rispettivamente al lancio di dardi e palle di pietra, la prima di esse forse addirittura di due verrettoni per volta. I dati relativi a tali *gastrafete* sono contenuti nel trattato di Bitone, redatto, con buona probabilità, nell'ultimo quarto del III sec. a.C. e dedicato a re Attalo I di Pergamo (241-197 a.C.). Dell'autore: "...la cui opera sulle macchine da guerra non è stata più ristampata dalla fine del Seicento, non sappiamo molto. Pare però che anche qui si tratti più di una compilazione che non di un lavoro veramente originale... [Del resto il vero merito di] questi ingegneri fu quello di averci conservato l'opera dei loro predecessori. La tradizione delle tecniche meccaniche e militari greche si è così perpetuata: copie e compilazioni si trasmettono da una generazione all'altra, e ciascuna di esse aggiunge all'opera comune, in modo più o meno felice, il frutto della propria immaginazione... Le opere degli autori greci e bizantini conservarono una reputazione considerevole, che andò affievolendosi solo in modo molto graduale. Non ci si deve pertanto stupire di vederli ancora comparire, variamente imitati, copiati e centinati, nell'Alto Medioevo... [deplorava intorno al X secolo d.C.] Erone di Bisanzio... [il] profondo oblio in cui sono caduti, per un lungo periodo di tempo, non soltanto i trattati dedicati da Bitone al re Attalo e da Ateneo a Marcello, e l'opera redatta da Apollodoro per incarico di Adriano, ma persino i termini della scienza insegnata in queste opere. Egli si propone pertanto di rimetterla in onore, presentandone un'esposizione priva di dimostrazioni, in forma elementare e intelligibile a tutti, soprattutto sulla base dell'opera di Apollodoro... [attingendo anche] in maniera dichiarata da Ateneo, da Bitone, da Filone di Bisanzio e da Erone..."(**40**).

Di certo tramite ricerche del genere si andò organizzando una sorta di fondo tematico concernente quel particolarissimo argomento. I frammenti che lo costituivano non possono ritenersi né sicuramente autentici né, purtroppo, privi di contaminazioni. Nonostante ciò furono ripetute volte copiati, rielaborati e magari persino illustrati, dando origine a codici non di rado di notevole bellezza. Si spiega così che dell'XI secolo: "...abbiamo ancora tutta una serie di manoscritti greci, composti di estratti da autori greci e bizantini, spesso illustrati. Il manoscritto greco 2442 della Biblicothèque Nazionale di Parigi è senza dubbio uno dei più belli... Ateneo, Bitone, Erone, Filone, Apollodoro sono le fonti essenziali di questi manoscritti. Da loro derivano anche, pur attraverso qualche deformazione, le illustrazioni molto belle che ornano le loro pagine.

Esiste dunque, in pieno Medioevo, una tradizione che si è conservata fin dall'antichità greca. Noi ne conosciamo solo la fase finale, ma possiamo supporre l'esistenza di una certa fedeltà..."(**41**).

Nonostante la brevità dell'elenco dei trattatisti dei quali ci sono pervenuti frammenti più o meno consistenti, o trascrizioni più o meno fedeli, quelli fra essi che hanno lasciato elaborati relativi ad artiglierie meccaniche a flessione si riducono soltanto a Bitone e ad Erone, sebbene di quest'ultimo gli scritti siano letteralmente sparuti accenni. La testimonianza di Bitone, pertanto, assume una pregnanza basilare per la storia della tecnica e per quella delle artiglierie in particolare, ed i suoi dati acquisiscono una valenza

---

40 - Da B.GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Varese 1972, pp.22-23.

41 - Da B.GILLE, *Leonardo...*, cit., p.22.

assoluta, in quanto disgraziatamente priva di qualsiasi ulteriore riscontro. Per ricavare dalla loro interpretazione la massima comprensibilità ed attendibilità, è parso sensato che la ricerca si avvalesse dei risultati delle analisi elaborate su tali remote e complicate fonti dal prof. Marsden dell'Università di Oxford, senza dubbio il maggiore studioso dell'esigua pattuglia di ricercatori del settore, ai cui rilievi planimetrici, peraltro, sono da riferirsi anche molte delle ricostruzioni grafiche ortogonali e tridimensionali allegate.

Tornando a Bitone occorre precisare che i suoi scritti pervenutici, o almeno attribuitigli, sono suddivisi nella esposizione dei seguenti argomenti:

una balista lanciasassi di media potenza progettata da Caria di Magnesia e costruita a Rodi;

una grande balista lanciasassi costruita a Tessalonica su progetto di Isidoro di Abido;

una elepoli munita di ponte volante progettata per Alessandro Magno da Posidonio il Macedone;

una *sambuca* progettata da Demis di Colofone, macchina scarsamente nota e destinata ad agevolare il superamento delle mura mediante un dispositivo di scale scorrevoli fra loro azionato da un apposito verricello. L'insieme appare in sostanza simile alle autoscale dei Vigili del Fuoco;

un *gastrafete* di media grandezza costruito da Zopiro di Taranto a Mileto, capace di scagliare due dardi per volta ciascuno lungo circa due metri;

un *gastrafete* da montagna, sempre dello stesso ingegnere realizzato a Cuma. La definizione 'da montagna' non deve intendersi, però, in maniera moderna, ovvero 'idoneo all'impiego sulle montagne', quanto piuttosto idoneo all'impiego all'interno delle montagne, cioè nelle gallerie scavate in esse, come appunto in quelle famosissime dell'antro della Sibilla di Cuma. Per tale particolare impiego era indispensabile che l'arma fosse piuttosto che piccola facilmente smontabile e riassemblabile, in modo da potersi agevolmente trasportare negli angusti cunicoli fino alle rispettive casamatte.

Il primo suggerimento che Bitone rivolge ai suoi lettori, o meglio ai suoi apprendisti interessati ad applicare quei consigli, riguarda la necessita prioritaria, ed inevadibile, di attenersi scrupolosamente alle misure ed ai rapporti da lui minuziosamente forniti, o ai loro multipli geometrici, essendo frutto di esperienze dirette, accertate e depurate da qualsiasi errore. Al di fuori di tali valori il funzionamento delle macchine, se mai ci fosse stato, sarebbe risultato inevitabilmente deludente. Il ragionamento, in sostanza, sarà riproposto da Filone sotto quest'altra forma:

> *"E' accaduto che molti esperti, dopo aver costruito macchine di dimensioni eguali e di composizione identica a quelle adottate dagli antichi, una volta messi in opera pezzi di legno simili, di eguale peso, siano giunti, sia pure con cariche di differente peso, a dare a tali macchine grandissime gittate, a*

far produrre loro notevolissimi effetti, in una parola a dotarle di una potenza superiore a quelle di tutte le macchine precedenti. Tuttavia, se si chiedeva come si fossero potuti ottenere tali risultati, risultava impossibile fornirne le ragioni..." (**42**).

Proprio per evitare qualsiasi arbitraria interpretazione Bitone fornisce le misure delle macchine che descrive impiegando le unità lineari di uso corrente e standardizzato nell'intera Grecia, tanto da potersi così riassumere:

1 dattilo ..... mm 19. 3
1 mano, pari a 4 dattili ..... mm 77. 1
1 spanna, pari a 12 dattili ..... mm 231. 2
1 piede, pari a 16 dattili ..... mm 308. 3
1 cubito, pari a 24 dattili ..... mm 462. 4

Anche le misure ponderali sono altrettanto precisamente definite e risultano perciò:

1 dracma ..... grammi 4. 36
1 mina, pari a 100 dracme ..... grammi 436. 6
1 talento, pari a 60 mine ..... grammi 2619. 6

BALISTA DI CARIA DI MAGNESIA

Il pezzo in questione deve classificarsi come lanciasassi di media potenza, capace di scagliare palle di pietra comprese fra i 1000 ed i 1550 grammi. Circa il suo progettista sappiamo che fu un allievo di Polido di Tessaglia, e che servì come ingegnere Alessandro Magno, insieme al collega, già compagno di studi, Diade ricordato nel capitolo precedente per le sue avanzate elepoli.

I dati tecnici fondamentali possono così riassumersi:

arco di tipo composito riflesso di circa m 2. 75 di corda, spesso al centro circa 10 cm.

affusto, sebbene non precisato, deve supporsi verosimilmente a tripode su basamento triangolare con colonnetta centrale e giunto universale in sommità. La regolazione dell'alzo sarebbe potuta avvenire tramite una quarta gamba di legno esterna al basamento incernierata direttamente al giunto, sulla quale avrebbe insistito l'apposito listello imperniato al di sotto del fusto.

sistema di trascinamento della slitta a doppio verricello di cui uno maggiore per la carica ed uno minore per il riarmo della slitta. Rinvio funi di riarmo su rulli.

---

42 - Da B.GILLE, *Storia...*, cit., p.187.

sistema di arresto traslazione retrograda a doppia cremagliera laterale, probabilmente in metallo, a denti di sega con nottolini in metallo a fulcro fisso solidali alla slitta.

sottoposizione del centro dell'arco rispetto al piano della corda cm 23.

corsa della slitta cm 60.

lunghezza del fusto piedi 6, pari a circa cm 190.

larghezza del fusto piedi 1, pari a circa cm 30.

spessore del fusto circa 0. 5 piedi, pari a circa cm 16.

lunghezza della slitta piedi 3. 5, pari a cm 105.

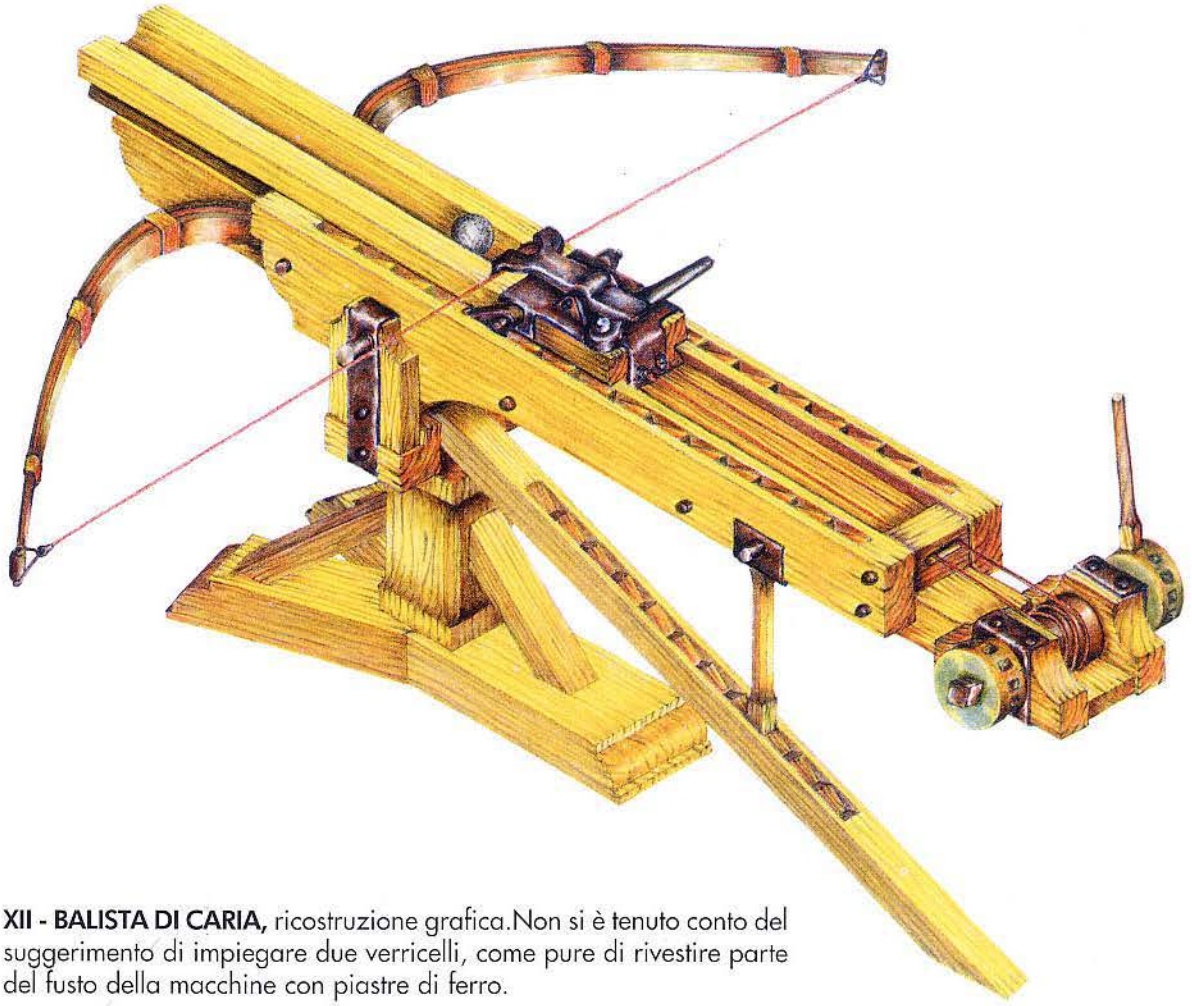
lunghezza del canale piedi 3, pari a cm 93.

munizioni:palle di pietra con diametro di dattili 5, pari a mm 97, e peso pari a g 1200-1300.

Stando al testo di Bitone la suddetta tozza catapulta era costituita da un fusto, ricavato da una grossa trave probabilmente di quercia, a lungo stagionata, supportata da un robusto affusto, realizzato verosimilmente su di un basamento a tre piedi divaricanti. Dal loro innesto spiccava una massiccia colonnetta quadrata di legno, recante in sommità un giunto universale, nella cui forcella stava imperniato il fusto. Per rendere l'insieme particolarmente solido, dall'estremità di ciascun piede si dipartivano dei listelli che andavano a congiungersi presso la sommità della colonnetta, quasi come dei controventi. Una quarta gamba con relativo listello mobile garantiva l'alzo dell'arma.

Ai fianchi del fusto stavano fissate due spesse tavole lunghe quanto la slitta: Caria, o più verosimilmente lo stesso Bitone, suggeriva di rivestirne l'estremità posteriore con piastre di ferro, o di bronzo, chiodate, per una lunghezza non inferiore ai due piedi, sempre al fine di rendere la macchina più resistente. La prescrizione sembra, però, potersi considerare più un consiglio volto ad ottimizzare la catapulta, incrementandone magari la durata nel tempo, che una tassativa esigenza funzionale. Pertanto venne lasciata alla discrezione degli esecutori: per lo stesso motivo nei grafici allegati non compaiano i suddetti rivestimenti, anche per consentire una migliore comprensibilità del funzionamento dell'arma.

Caria suggerì pure di adottare un secondo verricello, di dimensioni più piccole, per riportare la slitta alla posizione di aggancio della corda. La sua utilità deve relazionarsi alla larghezza della slitta stessa che, in caso di insufficiente lubrificazione, avrebbe esercitato una eccessiva resistenza nella fase di riarmo. Nell'ipotesi dell'impiego del verricello minore il trattatista consiglia di posizionarlo al di sotto del maggiore: la sua fune di trazione appare agganciata anteriormente alla slitta e ricondotta al tamburo tramite due rulli di rinvio staffati all'estremità anteriore del fusto. Anche questo dispositivo sembra potersi riguardare come una semplice indicazione migliorativa, non ostentando una effettiva ed accertata imprescindibilità né, meno che mai, una qualsiasi influenza sulle prestazioni balistiche dell'arma, ragion per cui non appare nei grafici.



XII - BALISTA DI CARIA, ricostruzione grafica.Non si è tenuto conto del suggerimento di impiegare due verricelli, come pure di rivestire parte del fusto della macchine con piastre di ferro.

Tornando alle sponde ai lati del fusto, formate con due spesse assi, le indicazioni fanno ritenere che lungo la loro faccia interna fossero disposte, su ambo, i lati due cremagliere a denti di sega, forse di bronzo. La lunghezza assegnata a ciascun dente non eccede i 5 cm, per cui i nottolini a fulcro fisso vi si sarebbero bloccati dopo meno di 4 cm di corsa retrograda. Il dettaglio induce a ritenere pressante l'esigenza di contenere al massimo qualsiasi indietreggiamento della slitta, che per la notevole potenza dell'arco una volta avviato sarebbe riuscito di improbo arresto, con conseguenze distruttive per l'intera macchina.

Circa la slitta stessa, le indicazioni del progettista sembrano suggerire una realizzazione per assemblaggio longitudinale di due tavoloni di legno. Di essi, quello inferiore andava sagomato con sezione a trapezio isoscele, con la base maggiore volta verso il basso e la minore fissata all'altro pezzo. Questo, di perfetta forma parallelepipeda, avrebbe dovuto avere la larghezza pari alla base maggiore del precedente. Il risultato sarebbe stato un unico blocco di legno, di notevole precisione e di rilevante solidità, in grado di scorrere con minima tolleranza all'interno della scassa a coda di rondine praticata lungo il fusto. Sulla faccia superiore della slitta, infine, correva il canale concavo, terminante in corrispondenza del meccanismo di scatto in ferro battuto, e destinato a ricevere il proietto.

Essendo la descritta macchina destinata al lancio di palle di pietre, la corda dell'arco portava, in posizione centrale, un'apposita tasca, o fionda, di circa un palmo di lar-

ghezza. Normalmente era costruita con funi intrecciate, ma nelle migliori macchine anche con capelli annodati, in virtù della loro risaputa superiore resistenza alla trazione. Ad essa stava fissato posteriormente un anello di ferro nel quale s'impegnava l'arpione dello scatto. Il riferimento alla fionda ottenuta con capelli intrecciati, potrebbe essere una significativa indicazione dell'avvenuto debutto delle macchine a torsione che impiegavano appunto, almeno nei primi esemplari, matasse di capelli. In tal caso si avrebbe una ulteriore conferma, sia pure indiretta, che le artiglierie a flessione convissero per alcuni decenni con quelle a torsione, cooptandone importanti dettagli tecnici, come in precedenza ipotizzato.

GASTRAFETE DI ZOPIRO

Il pezzo in questione deve considerarsi una macchina destinata al lancio di grossi dardi. Pertanto più che un *gastrafete* di grandi dimensioni deve ritenersi una catapulta propriamente detta. Stando alle solite incerte descrizione sembrerebbe che la sua peculiarità consistesse nel poter scagliare due grossi dardi contemporaneamente. Sarebbe stato allora il primo esemplare di artiglieria binata. Quanto al suo progettista, Zopiro, sappiamo soltanto che fu un 'meccanico' di pochi anni precedente ad Archita, quindi attivo nella prima metà del IV sec. a.C., e che appartenne alla scuola pitagorica di Taranto.

I dati tecnici fondamentali dell'arma possono così riassumersi:

arco di tipo composito-riflesso di circa m 2. 80 di corda, spesso al centro circa 10 cm.

affusto, sebbene non precisato deve supporsi verosimilmente a tripode su basamento a tre piedi con colonnetta centrale, giunto universale sommitale e controventi convergenti. La regolazione dell'alzo sarebbe potuta avvenire tramite un listello incernierato al di sotto del fusto ed insistente sulla terza gamba del tripode.

sistema di trascinamento della slitta a verricello unico, per la sola carica, posizionato in un apposito alloggiamento posteriore del fusto.

sistema di arresto traslazione retrograda, a doppia cremagliera laterale, in legno, a denti di sega con nottolini a fulcro fisso in metallo solidali alla slitta.

sottoposizione del centro dell'arco rispetto al piano della corda cm 30.

corsa della slitta cm 120.

lunghezza del fusto piedi 7, pari a cm 220.

larghezza del fusto piedi 1, pari a circa cm 30.

spessore del fusto piedi 1, pari a circa cm 30.

lunghezza della slitta piedi 5, pari a cm 160.

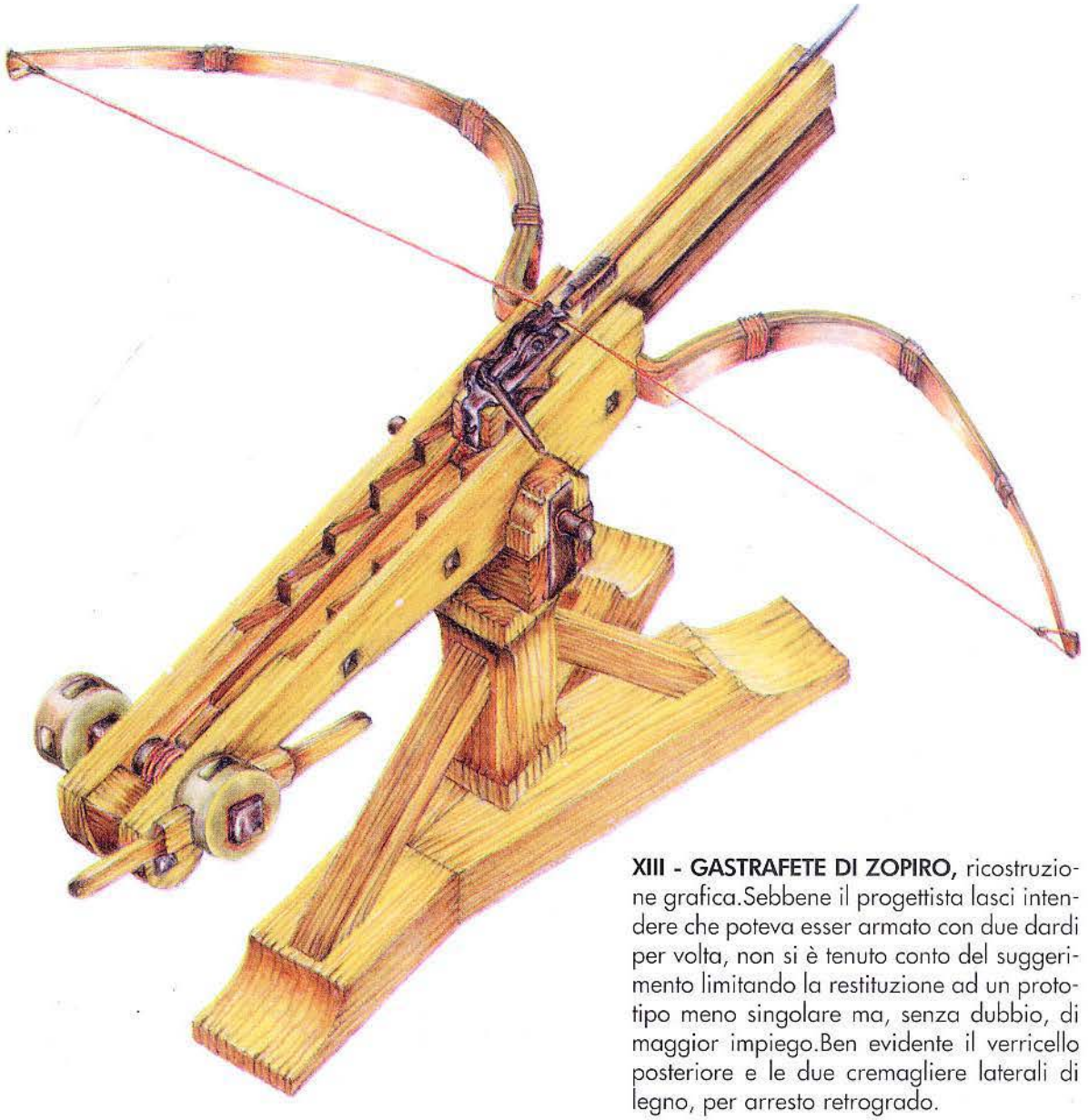
lunghezza del canale piedi 4, pari a cm 130.

munizioni: due dardi lunghi piedi 6 e di dattili 6 di circonferenza, pari a circa cm 190 per 4 cm di diametro.

Stando a Bitone la catapulta costruita da Zopiro poggia su di un affusto a tripode il cui ingombro era di 9 piedi per 3, ovvero poco meno di m 2 per 1. Il sovrastante cavalletto

appare di tipo tradizionale con colonnetta quadrata centrale, alta circa 3 piedi e spessa 1, sormontata da un giunto universale verso cui convergono tre listelli controvento. Quanto all'arma propriamente detta il suo fusto è prescritto di 7 piedi ed alla sua estremità anteriore è saldamente fissato il centro dell'arco. Il giuntaggio è assicurato da una apposita staffa di ferro chiodata da entrambi i lati del fusto, forse tramite perni passanti ribattuti. Per l'arco le disposizioni di Zopiro lo accreditano di circa 9 piedi di corda, a sezione ovoidale, o rettangolare smussata: in entrambi i casi il suo perimetro in corrispondenza del centro ascende a 15 dattili, dimensione equivalente ad una decina di centimetri di diametro, entità affatto trascurabile.

Al sistema di aggancio della corda ai due corni fu riservata una accurata disposizione, conferma implicita della consapevolezza della rilevanza delle forze elastiche in gioco. La corda, infatti, appare munita alle opposte estremità di due ganci di metallo, una sorta di doppia piombatura prestabilita ed inamovibile, mediante i quali si impegnava



XIII - GASTRAFETE DI ZOPIRO, ricostruzione grafica.Sebbene il progettista lasci intendere che poteva esser armato con due dardi per volta, non si è tenuto conto del suggerimento limitando la restituzione ad un prototipo meno singolare ma, senza dubbio, di maggior impiego.Ben evidente il verricello posteriore e le due cremagliere laterali di legno, per arresto retrogrado.

negli occhielli fissati ai corni. Il criterio induce a supporre la volontà di assegnare alla corda stessa una precisa lunghezza, corrispondente perciò ad una altrettanto precisa tensione dell'arco, non lasciando tale valutazione alla discrezione dei costruttori e dei successivi manutentori. L'adozione di ganci, od uncini di metallo e non di legature, potrebbe anche testimoniare la riscontrata difficoltà di fissare la corda in maniera tradizionale a causa della rilevante potenza dell'arco. Forse proprio tenendo conto di tale caratteristica si spiega la singolarità del canale binato, tramite il quale si sarebbero potuti lanciare due dardi per volta. La soluzione che non trovò alcuna riproposizione in alcuna artiglieria meccanica, fu riesumata in quelle a polvere tardomedievali. In esse pur di conseguire un volume di fuoco maggiore si accoppiarono diverse canne, dando origine a dei pezzi di scarsissima efficacia, e di effimera adozione, detti *organi*. Il loro difetto principale scaturiva proprio dal tirare contemporaneamente e nella identica direzione: i proietti pertanto finivano per concentrarsi tutti nello stesso punto, come frammenti di un unico colpo, senza creare perciò nessun 'volume'. Il tentativo di ovviare a tale deludente prestazione divaricando leggermente le canne, si tradusse in una mancanza assoluta di punteria, rimedio ancora peggiore del male. In breve artiglierie siffatte finirono abbandonate dovunque e per ritrovare armi binate occorrerà aspettare quelle automatiche per la d.c.a. della II Guerra Mondiale!

Nel *gastrafete* di Zopiro, essendo la distanza fra i due canali paralleli sulla slitta inferiore ai 5 cm, ne sarebbero conseguite traiettorie altrettanto ravvicinate e parallele. Difficile allora comprendere l'utilità balistica di un'arma del genere, andando entrambi i dardi a percuotere il medesimo bersaglio praticamente uno a fianco all'altro nel medesimo istante. Né è sensato supporre una leggera divaricazione dei due canali perché, anche se limitata a pochissimi gradi, al momento dell'impatto i dardi sarebbero risultati distanziati di una decina di metri. Senza contare che appena liberata la corda avrebbe inevitabilmente serrato fra loro le due estremità dei dardi stessi, prima ancora di trascinarli! Il che trasforma la suddetta macchina in una variante bizzarra di un'arma base, di identiche dimensioni, magistralmente concepita e perfettamente funzionante: ed a questo criterio sono rapportati i grafici allegati.

Credibile, pertanto, che il *gastrafete* binato privo di seguito in quanto privo di riscontri funzionali positivi, più che la singolare creatura di un celebre, quanto misconosciuto tecnico dell'antichità, sia invece da ascrivere ad un oscuro compilatore medievale. Questo avrebbe ritoccato il progetto originale per accreditare ad una sua elucubrazione un illustre precedente!

In conclusione, ad eccezione dell'assurdo dettaglio, il *gastrafete* di Zopiro si conferma di ottima impostazione: ben articolato persino il dispositivo di caricamento, costituito da un evoluto arganello ad asse orizzontale, con tamburo di bronzo per organo di trazione e coppia di ruote ad aspi esterne, su perno quadrato. Una ulteriore conferma della accortezza del progettista la si coglie nella sottoposizione del centro del suo arco rispetto alla corda, ancora maggiore di quella della balista precedente. La ragione deve ricercarsi da un lato nel fusto più spesso, essendo l'arma più lunga della media per il particolare tipo di proietto, quasi 2 m contro i 10 cm delle palle, dall'altro nella necessità di costringere la corda nella sua corsa di rientro a strisciare sulla superficie della slitta. Il dardo, infatti, -e non i dardi- aveva un diametro di soli 4 cm, per cui emergeva dal canale di circa la metà, dimensione che imponeva la massima aderenza.

BALISTA DI ISIDORO DI ABIDO

Per quanto siamo in grado di accertare quella di Isidoro di Abido fu di gran lunga la più grossa balista a flessione di cui ci sia pervenuta menzione in maniera abbastanza dettagliata. E' tuttavia probabile che della stessa tipologia all'epoca ne potessero esistere anche di leggermente superiori. Ad una conclusione del genere sembrano condurre le precise raccomandazioni del progettista, stando almeno alla trattazione di Bitone, circa l'adozione di spesse ed ampie piastre metalliche di rinforzo, verosimilmente cooptate d'artiglierie a flessione maggiori.

I dati tecnici fondamentali possono così riassumersi:

arco di tipo composito-riflesso di circa m 4. 80 di corda, spesso al centro circa 30 cm.

affusto, sebbene non precisato, per la notevole mole della macchina deve supporsi, verosimilmente, a quattro piedi ortogonali, con grossa e bassa colonna centrale supportante unicamente un perno metallico di brandeggio. Scarsamente credibile, sempre in relazione alle dimensioni della macchina, l'adozione di un giunto universale, dovendo il suo perno orizzontale sostenere un peso di una cinquantina di quintali. La balista, pertanto, sembrerebbe destinata a tirare con alzo fisso su settori obbligati, conseguendo la variazione di gittata soltanto in funzione della tensione impressa all'arco. Compito precipuo, quindi, per una simile arma quello di interdire passaggi obbligati.

sistema di trascinamento della slitta a due verricelli a doppia fune, entrambi di eguali dimensioni. Di essi il primo ad alaggio diretto della coppia di funi di trazione sul tamburo, era finalizzato a caricare l'arma mettendone in tensione il grande arco. Il secondo, invece, a ricondurre la slitta ad agganciare la corda, ovvero a riposizionarla all'estremo anteriore di riarmo. Agiva, pertanto, tramite una seconda coppia di funi di trazione agganciate anteriormente alla slitta, e rinviate fino al suo tamburo da due rulli metallici sorretti da staffe ubicate sulla testa del fusto.

sistema di arresto traslazione retrograda a doppia cremagliera laterale, probabilmente in metallo, a denti di sega arcuati, simili ad arpioni, per bloccaggio accentuato dei grossi nottolini di ferro, solidali alla piastra, a fulcro fisso ed a punta tondeggiante per meglio incastrarsi nei denti.

sottoposizione del centro dell'arco rispetto al piano della corda circa cm 60.

corsa della slitta circa cm 150.

lunghezza del fusto piedi 15, pari a circa cm 460.

larghezza del fusto piedi 2, pari a circa cm 62.

spessore del fusto circa piedi 2, pari a circa cm 62.

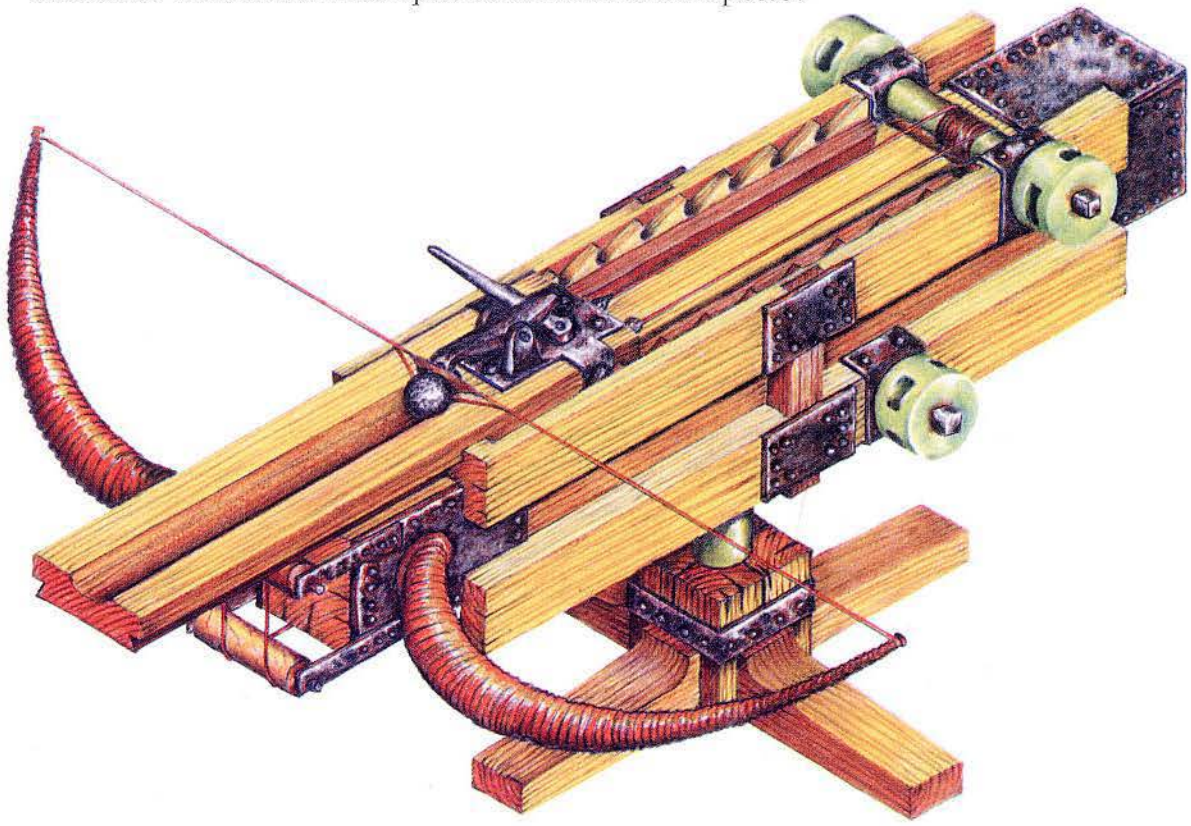
lunghezza della slitta piedi 6, pari a cm 190.

lunghezza del canale piedi 5, pari a cm 160.

larghezza del canale palmi 1, pari a cm 23.

munizioni: palle di pietra del diametro di dattili 12-14, pari a mm 240-280, e di peso pari kg 17-26.

Stando alla descrizione di Bitone la grande balista era composta da una trave centrale, originariamente a sezione quadrata con dimensioni di m 5x0.6x0.6, il cui peso, qualora di quercia, ipotesi molto probabile, doveva risultare di poco inferiore ai 20 quintali. Già questo primo dato fornisce un'idea della massa della stessa e degli enormi problemi connessi alla sua realizzazione. Dal grande blocco, andavano asportati quattro parallelepipedi, uno per ogni spigolo di modo che al termine della lavorazione il fusto ostentava una forma a croce greca. Gli alloggiamenti così ottenuti servivano all'incastro di altrettanti travi rettangolari, più piccoli e più corti del grande fusto centrale. La loro funzione oltre ad essere quella di sponda, consisteva, sebbene di ciò non vi sia esplicita menzione, nel rendere l'insieme notevolmente più rigido. Ed è emblematico che la sezione complessiva risultante dopo il loro fissaggio sia molto simile a quella di una modernissima putrella a doppio T ad ala larga. L'antico ingegnere aveva in quel modo, apparentemente curioso, incrementato enormemente il momento d'inerzia del fusto dell'arma, prefigurandone le fortissime sollecitazioni alle quali sarebbe stato sottoposto!



XIV - GRANDE BALISTA DI ISIDORO DI ABIDO, ricostruzione grafica.La macchina si compone di un fusto centrale con sezione ad **H**, realizzato mediante il giuntaggio di un nucleo centrale a croce greca con quattro travi parallelepipede.La saldezza dell'insieme era garantita dall'abbondante ricorso alle piastre di metallo chiodate.Il grande arco, la cui corda attingeva i 5 m, deve supporsi non solo di tipo composito ma forse realizzato anche con elementi di metallo, quali fili o lamine, oltre ovviamente ai materiali tradizionali.Non può inoltre escludersi che fosse ottenuto assemblando due distinte metà, sempre con elementi metallici, come nei più antichi archi di bronzo greci, giuntati al centro.A rendere solidale il tutto provvedeva una forte fasciatura a spirale, di pelle o di fibra vegetale. L'affusto non menzionato in alcun modo da Bitone deve, per la mole della macchina, supporsi necessariamente a quattro piedi ortogonali, con un grosso perno di bronzo sovrastante la colonna:nessuna forcella impossibile da costruire per una massa tanto rilevante. Due gli argani di caricamento.

E che la preoccupazione in tal senso fosse pressante lo si arguisce anche dalle grandi piastre di metallo chiodate che lo stesso suggerisce di applicare in più punti. In particolare alle estremità del fusto sui quattro lati, per circa due piedi ed al centro su due lati verticali per poco meno. La loro funzione, al di là del puro rinforzo, appare abbastanza logica: evitare che un blocco di legno tanto grosso potesse, come è altrimenti naturale, fessurarsi compromettendo così la precisione degli incastri e la dinamica dell'arma. Si potrebbe ravvisare in ciò la medesima ragione per la quale vengono cerchiate con un nastro di ferro le estremità delle tavole da ponte.

Circa le quattro travi minori, la loro lunghezza viene prescritta di soli 12 piedi, con una larghezza di 1, per cui la collocazione avveniva in modo da lasciare libere le estremità del fusto destinate ad ospitare da una parte il primo verricello e dall'altra i cilindri di rinvio del secondo. Infatti alle piastre di rivestimento della testata anteriore sono applicate, in corrispondenza degli spigoli, quattro bandelle di ferro debitamente chiodate. Divise in due coppie fungono da supporti per i perni dei rulli di metallo, ciascuno lungo circa una sessantina di cm, con un diametro di una decina. Su di essi girano le funi, correnti fra le due travi inferiori, tramite le quali la slitta viene ricondotta in posizione di riarmo. Fra le travi superiori invece, oltre a muoversi la slitta stanno alloggiate le funi di caricamento, che provocano la messa in tensione dell'arco. Tanto la prima quanto la seconda coppia di funi, fanno capo a due distinti argani ad asse orizzontale dotati di grossi tamburi di bronzo, di identiche dimensioni, ciascuno dei quali posto in rotazione mediante le tradizionali due corone esterne ad aspi con perno quadrato. Di essi quello destinato al caricamento dell'arma sta posizionato sulla parte alta della coda del fusto, mentre quello destinato al ritorno della slitta, sta posizionato in basso presso il suo centro.

Per realizzare la slitta viene prescritto l'impiego di due massicce assi, ciascuna spessa oltre 15 cm, sovrapponendole saldamente dopo la lavorazione. Quella inferiore, infatti, doveva assumere la configurazione di prisma, con sezione a trapezio isoscele, mentre la superiore di parallelepipedo a sezione rettangolare, con lato maggiore uguale alla base più grande del suddetto trapezio. Dall'assemblaggio scaturiva un unico pezzo la cui parte inferiore era una vistosa coda di rondine, destinata ad incastrarsi nella scassa appositamente predisposta del fusto. Anche per questa delicata componente il progettista consigliava un abbondante impiego di piastre di ferro chiodate, per un più cospicuo irrigidimento ed una più duratura indeformabilità.

Sul dorso della slitta così ottenuta, verso la sua estremità posteriore andava collocato, sempre tramite solidissima chiodatura il meccanismo di scatto, di dimensioni ovviamente adeguate. L'enorme energia potenziale accumulata nella deformazione del grande arco veniva in pratica sopportata proprio da questa componente della macchina, che doveva perciò essere in grado di resistere a lungo, e senza alcun cedimento al contrasto, dimostrandosi inoltre sufficientemente scorrevole da non bloccare lo sgancio all'istante del tiro.

Dalla piastra della forcella fino alla testa anteriore della slitta correva un largo canale destinato ad alloggiare la palla. La sua profondità appare limitata però a meno della metà del raggio della stessa, senza dubbio per contenerne lo sfregamento in fase di lancio. Al pari di tutte le baliste anche in questa, al centro della corda dell'arco, venne inserita una grossa tasca, realizzata con l'intreccio di crini o di capelli. Non era disponibile, infat-

ti, nessun altro materiale capace di fornire oltre all'indispensabile solidità una discreta durata, dovendo sostenere le enormi accelerazioni di lancio vincendo l'inerzia di un proietto, non di rado pesante oltre 25 kg.

Ai lati della slitta, soluzione peraltro canonica, è prescritto il sistema di bloccaggio retrogrado a doppia cremagliera. La vera differenza sono però i suoi denti di arresto: il loro disegno non è triangolare bensì arcuato, con configurazione a largo uncino dove i nottolini, anch'essi con testa tonda, possono impegnarsi con assoluta sicurezza di inamovibilità, anche in caso di fortissimi urti sulla slitta. Il dettaglio testimonia da un lato la piena consapevolezza della rilevante potenza in gioco nella macchina e dall'altro la scrupolosa cautela tesa ad evitare sganci accidentali, per salto di nottolini o per rottura di denti o della fune, perfettamente consci delle gravissime conseguenze.

Per restare ancora alla enorme potenza di questa balista, continuamente evidenziata dai tanti accorgimenti suggeriti dal progettista, occorre precisare che il suo vero motore, il grande arco, non deve necessariamente supporsi di tipo tradizionale composito-riflesso, sia pure di enormi dimensioni. La modalità adottata per il suo giuntaggio con il fusto dell'arma, come in qualche modo sembra filtrare dalla relazione di Bitone, appare tanto esageratamente robusta da non trovare alcuna plausibile giustificazione per uno tradizionale.

Assodato che l'incastro tra l'arco ed il fusto avviene ortogonalmente, il centro dell'uno contro la testa dell'altro, proprio la straordinaria potenza dell'arco ne avrebbe in pratica garantito la tenuta, accentuando a dismisura l'aderenza fra loro, specie in fase di caricamento. Inutili pertanto le piastre di metallo destinate a rinforzarne l'innesto.

Assodato, inoltre, che all'epoca l'impiego del metallo non veniva prospettato senza pressanti esigenze, altrimenti insolubili, occorre trovare una diversa logica interpretativa per una siffatta accortezza. Potrebbe darsi allora che quelle piastre si prescrissero così appunto perché l'arco stesso era composto con elementi di metallo, in particolare d'acciaio ed in quanto tale il legno sarebbe risultato troppo debole per sopportarne la pressione durante la flessione. Tuttavia ascrivere al IV sec. a.C. un arco di quasi 5 m di corda realizzato interamente in acciaio appare fin troppo azzardo per quanto esposto innanzi: molto meno, invece, se lo si suppone ottenuto con due distinti semiarchi, parzialmente d'acciaio, non eccedenti ciascuno il paio di metri. Inoltre, risapendosene la non equivalente rigidità, per equipararli si sarebbe fatto ricorso all'interposizione, o alla sovrapposizione, di elementi elastici. In altre parole, essendo l'arco riflesso riconducibile geometricamente a due semicurve simmetriche rispetto all'impugnatura centrale, sarebbe stato possibile, esattamente come nell'arco greco con impugnatura di bronzo e corni indipendenti a suo tempo menzionato, realizzare i due corni del grande arco con piattine d'acciaio, magari multiple sovrapponendole, o interponendole a listelli di legno. I due semiarchi così ottenuti, saldati fra loro tramite un apposito giunto avrebbero formato un unico arco, che a sua volta, sarebbe stato connesso saldamente con robustissime bandelle alla testa del fusto. Solo in questo caso il ricorso a piastre di ferro chiodate, indispensabili per rendere l'insieme sufficientemente compatto e solidale in modo da non cedere agli sforzi di caricamento che ne avrebbero potuto svellerne i corni, parrebbe adeguato, nella stessa maniera ricordata da Bitone. Inoltre un arco così potente, parzialmente d'acciaio, avreb-

be obbligato ad irrigidire notevolmente il fusto nella dimensione maggiore, dovendo sopportare sulla testata non più una sollecitazione di pura compressione, facilmente neutralizzabile, ma ben due divaricanti di trazione applicate sugli opposti fianchi, neutralizzabili a loro volta esclusivamente con bandelle e piastre di metallo chiodate, applicate in corrispondenza del baricentro. Del resto, anche tutte le rimanenti parti della macchina appaiono congrue alla suddetta ipotesi, dalla abnorme larghezza della slitta al diametro dei due verricelli, dalla configurazione delle cremagliere alla robustezza del dispositivo di scatto.

Quanto supposto circa l'adozione di un arco metallico in due sezioni sembrerebbe una pura elucubrazione se non trovasse una interessante riproposizione medievale in alcune grandi balestre da *torno*. Di esse un prototipo significativo fu mirabilmente ricostruito graficamente nell'800, dopo attente ricerche ed approfondimenti, dal celebre architetto Violette le Duc: ne sarà fornita una breve descrizione nell'epilogo.

GASTRAFETE DA MONTAGNA

Zopiro di Taranto, oltre alla catapulta descritta in precedenza, progettò anche un particolare *gastrafete* definito '*da montagna*'. Secondo le notizie disponibili la sua elaborazione avvenne a Cuma. Il che per all'epoca equivaleva a dire per Cuma, ovvero per le sue fortificazioni, data l'impossibilità di effettuare trasporti anche a breve distanza per l'inesistenza assoluta di strade e di congrui mezzi su ruote. Supporre la progettazione di un'arma avanzata esclusivamente per una precisa fortificazione induce a credere che quest'ultima avesse connotazioni assolutamente originali, confermandosi altrettanto avanzata o almeno inusuale, e comunque all'epoca così reputata da giustificare un simile interessamento.

Di certo quanto pervenutoci delle opere difensive cumane costringe a dare all'inequivocabile attributo di questo *gastrafete* di Zopiro una interpretazione ben diversa da quella attualmente riservata ad una tipologia di artiglierie capaci, per accorgimenti costruttivi e funzionali, di operare in montagna o in ambito montuoso, definite perciò 'da montagna'. Per meglio recepire il senso della precisazione è indispensabile, però, una breve digressione su quell'antichissimo scalo miceneo, già naturalmente ben difeso, trasformatosi in colonia, nel 756 a.C., subito dopo la fondazione di Pithecusai su Ischia.

Infatti la morfologia del: "...luogo scelto dagli Euboici per la fondazione di Cuma appare tipico per le colonie di terraferma: su una collina isolata e ben distinta dalla circostante pianura... l'abitato; ai piedi di questo... l'insenatura del porto..."(**43**).

---

43 - Da P.G.GUZZO, *Le città scomparse della Magna Greci*, Perugia 1982, p.180.

33 - Cuma, Na: resti delle fortificazioni dell'Acropoli.

L'arroccamento sulla collina tufacea non evitò il ricorso alla fortificazione, ma anzi ne rese più complessa l'articolazione. Ne: "...conosciamo con sufficiente precisione il tracciato... Le mura della città, partendo da quelle dell'acropoli sfruttavano a sudovest il ciglio di una sella tufacea che discende piuttosto ripidamente verso il mare dominando il litorale: a sud si sviluppano sulla sommità di un pendio, non molto accentuato soprattutto nella parte centrale, che degrada dolcemente verso il lago Fusaro. Il lato est della cinta correva sulla sommità della collina, piuttosto elevata (m. 100 circa) e stretta, del monte Grillo, che poi fu tagliata al centro in età romana. A nordovest la cinta muraria si avvantaggia della presenza, a breve distanza, dello schermo costituito dal prosciugato lago di Licola, che probabilmente esisteva già nell'antichità..."(**44**). Quanto all'acropoli la: "...fortificazione tardo-antica [la] rese... quasi imprendibile..."(**45**).

---

44 - Da M.PAGANO, *Ricerche sulla cinta muraria di Cuma*, in *Mélanges de l'école française de Rome*, Mefra Tome 105, 1993, p. 847-850. Cfr. anche B.D'AGOSTINO, F.FRATTA, *Gli scavi dell'I.U.O. a Cuma negli anni 1994-95*, in Istituto Universitario Orientale, *Annali di Archeologia e storia antica*, Nuova serie n°2, Napoli 1995, p. 204 e sgg.

45 - Da M.PAGANO, *Ricerche*., cit., p.862.

Fin qui nulla di eccezionale: dove, però, la fortificazione cumana appare assolutamente originale, ed al contempo più suggestiva e ricca di reminiscenze, è nel cosiddetto 'antro della Sibilla', singolare opera militare avanzata.

34 - Cuma, Na: al di sotto della rampa si apre l'imbocco della galleria a sezione trapezoidale detta 'antro della Sibilla'

Consta di una: "...galleria lunga m. 142, 5 larga m. 2, 40, alta m. 4, 5, [che] sbocca in un grande ambiente rettangolare, scavato anch'esso nel tufo... dal lato mare, brevi gallerie laterali di taglio identico, delle quali tre cieche. Delle altre, tutte erano originariamente degli accessi. Da Est, invece, verso il monte, a metà circa dell'intera lunghezza, si aprono tre bracci minori di galleria, di taglio identico, disposti a croce, nei quali, dopo averne abbassato il piano rispetto a quello della galleria principale, vennero adattate in età romana tre cisterne con scalette di discesa, utilizzate probabilmente a questo scopo fino ad epoca piuttosto avanzata... La conformazione dell'antro... spinse il Maiuri a... [notarne] alcune affinità con opere militari micenee, in particolare con le cosiddette «casamatte» di Tirinto... Il confronto [invece] che viene subito alla mente è con una delle gallerie del castello Eurialo di Siracusa... Un passo di ...Filone prescrive di collocare macchine da guerra, che dovevano essere ben protette e facilmente accessibili, dietro le difese avanzate, ai piedi della muraglia principale, cosa che permetteva un aumento considerevole della capacità di «fuoco» e della gittata. Polibio descrive le difese avanzate di Siringe nell'Ircania, dove furiosi combattimenti si svolgevano «non soltanto all'aperto, ma anche nei cunicoli sotterranei»..."(**46**).

---

46 - Da M. PAGANO, *Considerazioni sull'antro della Sibilla a Cuma*, in Vol. LX *dei rendiconti dell'Accademia di Archeologia Lettere e Belle Arti di Napoli 1985-1986*, p. 71.

35 - Cuma, Na: dettaglio della galleria del cosidetto 'antro della Sibilla'.

36 - Cuma, Na: dettaglio delle bocche esterne dei bracci laterali del cosidetto 'antro della Sibilla'. La loro destinazione a feritoie per artiglierie meccaniche è evidente, tanto più che la direttrice di tiro è sulla antistante spiaggia, unica area dalla quale poteva venire un attacco.

In conclusione, la: "...galleria a taglio trapezoidale trova facilmente la sua spiegazione come opera militare connessa alla difesa 'attiva' e avanzata di un punto particolarmente importante e delicato della fortificazione cumana, in corrispondenza del collegamento fra il circuito murario dell'acropoli e quello della città, a difesa, forse, di una delle porte, che dovevano aprirsi verso il litorale e l'approdo più prossimo. Le numerose aperture laterali munite di porte, alcune delle quali mai realizzate, servivano ad effettuare rapide sortite e altrettanto rapidi ripiegamenti al piede della muraglia e per disimpegnare le difese avanzate, in un'epoca che vede un particolare sviluppo delle macchine da guerra..."(**47**).

---

47 - Da M.PAGANO, *L'acropoli di Cuma e l'antro della Sibilla*, in *Civiltà dei Campi Flegrei*, Atti del convegno internazionale, a cura di Marcello Gigante, Napoli 1992, p. 267

Da quanto appena esposto si può motivatamente concludere che 'gastrafete da montagna' non significava affatto un pezzo di artiglieria elastica destinato all'impiego sulle impervie alture, trasportabile magari a dorso di mulo. Una interpretazione del genere, oltre che anacronistica, appare del tutto assurda: con una gittata di un centinaio di metri a cosa sarebbe servita un'arma simile? E contro chi avrebbe dovuto tirare?

Ovvio, allora, tenendo presenti le descritte gallerie cumane, cavate, per dirla nel linguaggio tradizionale ed ancestrale del luogo, 'nella montagna', concludere che 'da montagna', significhi appunto non per sopra la montagna ma per dentro la montagna, ovvero da impiantarsi all'interno delle casamatte ricavate nelle colline di tufo, formazione vulcanica abbastanza frequente nella regione campana, da Ischia a Miseno alla stessa Napoli, non a caso tutte altrettante celebri colonie greche.

Si può pertanto concludere che la definizione 'da montagna' significasse per i trattatisti coevi non tanto dimensioni contenute dell'arco, quanto piuttosto possibilità e facilità di smontaggio e montaggio dal fusto, concetto per gli stessi senza dubbio rivoluzionario e privo di qualsiasi analogia. Del resto solo così sarebbe stato possibile trasportare una macchina abbastanza ingombrante, ed al contempo delicata, lungo quelle anguste gallerie fino alle postazioni d'impianto.

Ciò premesso i dati tecnici fondamentali possono così riassumersi:

arco di tipo composito-riflesso di circa cm 200 di corda, spesso al centro circa 8 cm.

affusto, di tipo a tripode su basamento triangolare con colonnetta centrale e controventi. La regolazione dell'alzo sarebbe potuta avvenire tramite un listello incernierato sul basamento e bloccato sul lato inferiore del fusto da una cremagliera a denti di sega di legno.

sistema di trascinamento della slitta a doppia fune con un unico verricello per la messa in tensione dell'arco.

sistema di arresto traslazione retrograda a doppia cremagliera laterale a denti di sega in legno con nottolini in metallo solidali alla slitta.

sottoposizione del centro dell'arco rispetto al piano della corda cm 16.

corsa della slitta cm 80.

lunghezza del fusto piedi 5, pari a circa cm 160.

larghezza del fusto piedi 0. 5, pari a circa cm 15.

spessore del fusto circa piedi 1, pari a circa cm 30.

lunghezza della slitta piedi 3. 5, pari a cm 110.

lunghezza del canale piedi 3, pari a cm 90.

munizioni:dardi presumibilmente da piedi 6 pari a cm 190 probabilmente con diametro di mm 40.

Il *gastrafete* insiste sopra di un affusto la cui base triangolare risulta contenuta in un rettangolo di m 1.5x1 circa, costituito con travi di legno spessi una trentina di centimetri, valore necessario per raggiungere un discreto peso unica possibilità di stabilità per

l'arma. Tradizionali sia i tre controventi che il giunto universale sulla sommità della colonnetta. Dai ragguagli tramandatici da Bitone appare probabile che, con la slitta in posizione di riposo, il fusto risultasse sostanzialmente bilanciato rispetto al perno della forcella. Contenuta pure la larghezza dell'arco la cui corda non eccede i 7 piedi, poco più di m 2, con una sezione trasversale centrale massima di cm 8. Come supposto il giuntaggio tra l'arco ed in fusto avviene tramite una opportuna staffa di ferro posta ad anello intorno al primo e terminante con quattro bandelle da fissarsi al fusto: facile quindi l'operazione di assemblaggio e di svellimento.

Esaurita l'esposizione delle menzionate macchine, Bitone ribadì l'attendibilità dei dati relativi in quanto conseguenti alla sua diretta e ripetuta esperienza: per molti versi una sorta di testimonianza a futura memoria. E, soprattutto, affermò che solo attenendosi integralmente agli stessi il funzionamento delle rispettive macchine risultava sicuro. Ad ogni buon conto, per quanti avessero avuto necessità di disporre di armi identiche, solo più grandi o più piccole, l'unica possibilità sarebbe stata quella di procedere alla loro costruzione secondo rapporti perfettamente geometrici o, per dirla con le sue parole, simmetrici alle predette dimensioni standard.

Ragguagli balistici

Le due baliste descritte da Bitone erano destinate al tiro di palle, rispettivamente la prima di circa mm 100 di diametro e la seconda di circa mm 200. In pratica, però, questi valori vanno riguardati come dati medi, puramente indicativi, essendo nella prassi corrente le dimensioni dei proietti ampiamente più variegate con estremi inferiori e superiori alquanto divergenti. Il che in prima approssimazione non riesce immediatamente comprensibile essendo fuorviati da secoli di abitudine mentale con il concetto di calibro imposto dalle artiglierie a polvere. Ma, giova enfatizzarlo, le artiglierie meccaniche, pur scagliando palle di pietra come le bombarde non furono mai delle bombarde! E' importante precisare che queste macchine non avendo una 'anima', con un suo preciso diametro, ma semplicemente un canale, non avevano per conseguenza nemmeno un vero e proprio calibro obbligato (48), ma soltanto un calibro ottimale o massimo. In altre parole veniva indicato il peso della palla più grande che potevano tirare proficuamente, senza per que-

48 - Per precisione va osservato che nelle artiglierie antiche con il termine di calibro non si intendeva il diametro della palla, appena più piccolo di quello dell'anima del pezzo, ma il peso della stessa di più facile ed immediata determinazione. Per molti studiosi infatti il vocabolo sarebbe derivato dalla domanda *qua libra*, cioè *quante libre?* Riferendosi ovviamente al peso della palla. La valutazione ponderale essendo il proietto sferico non creava nessuna indeterminazione per la corrispondenza biunivoca tra massa e diametro. La situazione mutò radicalmente con l'introduzione dei proietti cilindro-ogivali: da quel momento il termine calibro iniziò a designare soltanto il diametro del pezzo.

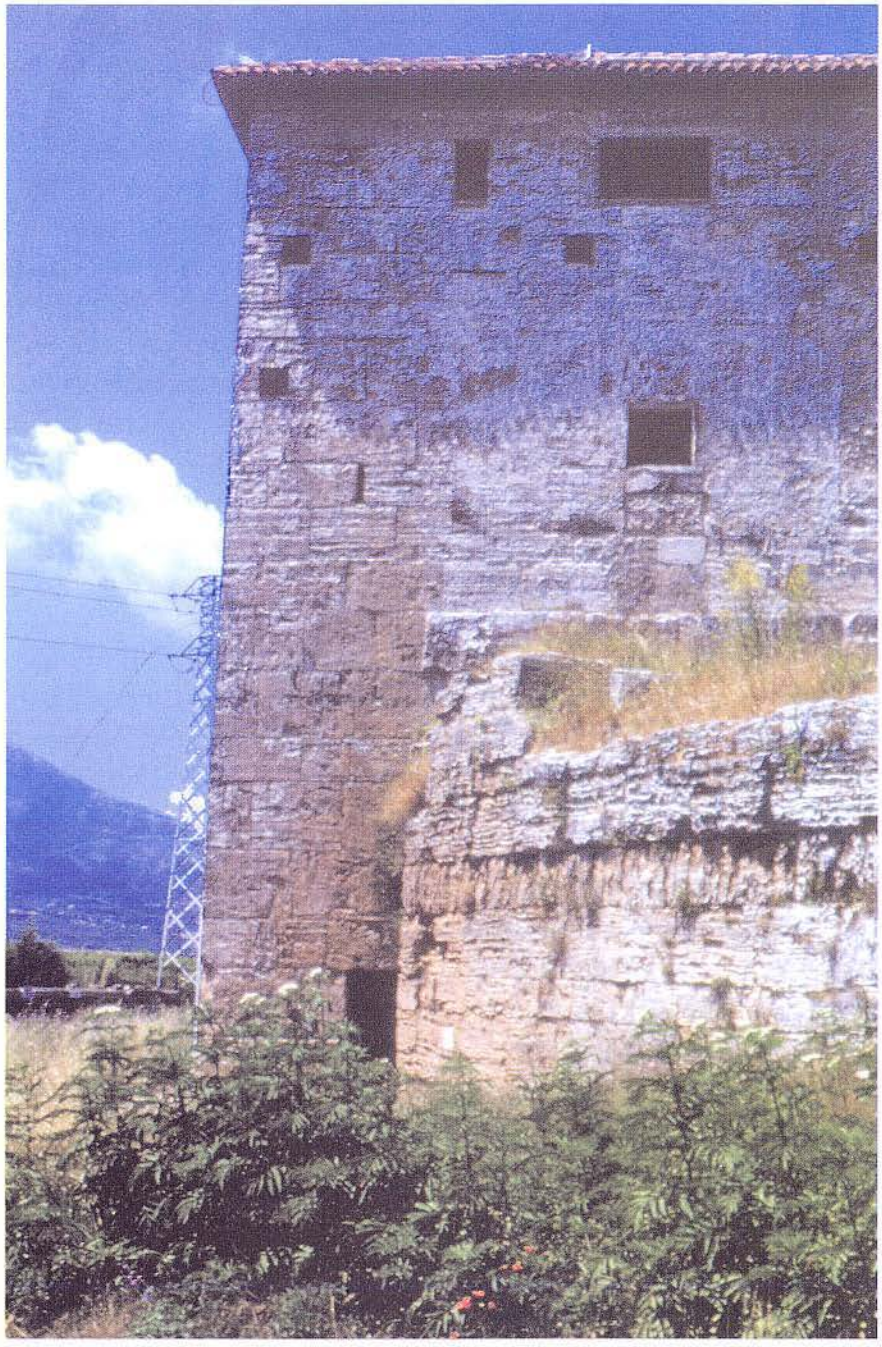
sto precludersi all'impiego di palle molto più piccole, con gittate maggiori, od occasionalmente anche più grandi per brevissime. Il diametro del proietto quindi era scelto in funzione dell'apparente solidità del bersaglio e/o della sua distanza.

Ciò premesso, volendo ulteriormente indagare al riguardo, va osservato che Bitone dedicava il suo trattato al re Attalo I di Pergamo, al sovrano cioè di una città dove, oltre due millenni dopo, esattamente nel 1937, vennero condotti accurati scavi archeologici da una missione germanica. Nel corso della campagna affiorarono, dal luogo identificato come l'antico arsenale, ben 961 palle di pietra di varia dimensione, altrettanti proietti di baliste a flessione. Il rilevante numero ne rese possibile una valutazione statistica: innanzitutto le stesse vennero suddivise in 14 gruppi in relazione al calibro. Di queste 288 possono ritenersi appartenenti ai gruppi 7 ed 8, da riguardarsi, in definitiva, come un unico calibro oscillante fra 8.78 e 9.33 pollici, pari a 223 mm e 237 mm, con peso oscillante tra mine 36.15 e 44.09, pari a 16.04 kg e 20 kg: la media si conferma attestata intorno le 40 mine. In assoluto, però, le più numerose sono risultate quelle che successivamente apparterranno alle baliste a torsione da 30 e da 60 mine, pari a 14 kg e 26 kg. Dal dato si può dedurre che continuarono ad essere impiegate abbastanza frequentemente le grandi baliste a flessione del tipo di quella attribuita ad Isidoro di Abido, che dovevano presentare alcuni vantaggi rispetto alle successive a torsione, almeno in particolari circostanze. Infatti in condizioni di eccessiva umidità atmosferica, situazione abbastanza frequente nelle località rivierasche, o di scarsa disponibilità di ricambi idonei per le matasse che si logoravano rapidamente, le artiglierie di grosso calibro a flessione manifestavano pienamente la loro affidabilità, al punto da restare a lungo ancora in servizio anche dopo l'avvento di quelle a torsione.

Da quanto fin qui osservato circa il munizionamento delle artiglierie a flessione è emersa una basilare differenziazione relativamente alle munizioni impiegate. Alcune di loro sono senza dubbio catapulte, cioè artiglierie elastiche destinate a scagliare dardi, altre, invece, sono delle baliste, ovvero artiglierie, sempre elastiche ma destinate a scagliare palle di pietra di varie dimensioni. Per i Greci tale diversificazione diede origine a due definizioni precise per le rispettive macchine, ovvero **oxibile** se lanciavano i dardi e **petrobole** se lanciavano le palle di pietra.

In entrambi i casi con la disponibilità di energie potenziali tanto rilevanti le prestazioni balistiche dei *gastrafeti*, sia catapulte che baliste, dovevano necessariamente surclassare quelle dei migliori archi compositi, senza contare la straordinaria precisione garantita dal loro affusto. Da attendibili studi, infatti, è emerso che la gittata di un normale *gastrafete* superava almeno del 25% quella di un potente arco composito, fornendo perciò un tiro efficace sicuramente eccedente i 100 m. In particolare, la velocità dei loro proietti si attestava intorno ai 60-70 m/sec al massimo, pari a 220-250 km/h. Il che consentiva gittate utili dell'ordine dei 100-200 m, ma ancora letali a 300, suscettibili di incrementarsi sensibilmente al crescere del dislivello tra la quota dell'arma e quella del bersaglio. Quanto alle energie cinetiche residue si confermano alla luce delle fonti perfettamente sufficienti a trapassare le normali corazze di bronzo. Le conseguenze furono ben presto ravvisabili in un vistoso ingrandimento delle torri, planimetricamente più ampie sebbene più rade, capaci perciò di ospitare più pezzi del genere, a ciascuno dei quali era

affidato un settore di tiro, parzialmente sovrapponibile con i contigui, o nei migliori casi, interamente sovrapponibile in modo da poter effettuare dovunque l'incrocio dei tiri. Sempre per la medesima ragione si operò un significativo incremento dell'altezza di tutte le strutture difensive per aumentare la fascia d'interdizione antistante. Entrambe le caratteristiche sono facilmente verificabili in molti ruderi delle cerchie urbiche delle città della Magna Grecia, ed in particolare nelle torri di Paestum, a tutt'oggi ancora abitate!



37 - Paestum, Sa: dettaglio dell'aggetto di una delle torri della cerchia greca. Trasformata in civile abitazione, non sembra tuttavia aver subito vistosi stravolgimenti: persino la copertura con tetto a tegole può considerarsi una riedizione poco dissimile dalla copertura che originariamente sovrastava le piazze d'armi di copertura. Ancora evidenti le sottile feritoie per i gastrafete.

Circa i dardi impiegati i numerosi reperti archeologici pervenutici, sebbene limitati alla sola cuspide, l'unica parte difficilmente degradabile anche se di ferro, ne consentono una discreta valutazione. Abitualmente erano costituiti da un asta di legno con puntale di metallo, per lo più a sezione quadrata, simile ai chiodi dell'epoca. Quelli più piccoli non possedevano alcun impennaggio, forse perché incompatibile con la scanalatura, forse perché inutile per il peso e la velocità del proiettile: di certo gli impatti si dimostravano di tremenda violenza, trapassando facilmente elmi e corazze della migliore fattura. Va inoltre osservato che nelle catapulte a flessione: "...è la lunghezza del proiettile che serve a definire la potenza della macchina... [e che comunque] la gittata di tali congegni non è necessariamente proporzionale alla loro potenza..."(**49**).

Era infatti possibile realizzare macchine capaci di scagliare, sia pure a breve distanza, verrettoni giganti e di rilevante peso, a volte privi di punta o a punta smussata, che meglio esamineremo in seguito per demolire merlature e sovrastrutture. In altri reperti archeologici si possono ricostruire dardi dotati di governale posteriore costituito da tre impennaggi, non di rado di cuoio.

Non mancarono, nel lungo lasso d'impiego dei *gastrafete*, varianti destinate a scagliare pallottole di pietra o di piombo, che sviluppatesi autonomamente diedero origine alle grosse artiglierie lanciasassi, meglio dette *litobole* o *petrobole*. L'unica differenza rispetto alle precedenti macchine consisteva nel fusto più tozzo per via della scanalatura necessariamente più larga. E' difficile stimare con esattezza la cadenza massima di tiro che macchine del genere riuscivano a garantire, dipendendo molto dalla pratica dei serventi e dalle condizioni dell'arma. Tuttavia supponendola, sia pur di poco, inevitabilmente inferiore a quella di un arco tradizionale non si è lontano dal vero valutandola di un lancio ogni paio di minuti.

Sempre dal punto di vista funzionale va rilevato che i *gastrafete* non disponevano, per quanto se ne sa, di alcun dispositivo di registrazione, o di compensazione, della rigidità dell'arco per cui, inevitabilmente, con il trascorrere del tempo le prestazioni tendevano a scadere. Né, peraltro, riusciva agevole la sostituzione dello stesso: unico rimedio per ritardarne al massimo il degrado fu sempre quello di staccare la corda non appena se ne reputasse conclusa l'utilizzazione.

---

49 - Da Y.GARLAN, *Recherches....*, cit., p. 219. La traduzione è dell'A.

PARTE TERZA

Artiglieria Meccanica a Torsione

Artiglieria elastica a torsione

Allusioni ed invenzioni

Dopo di aver esaminato le artiglierie a flessione e la relativa evoluzione, è emblematico costatare che, comunque venissero chiamate all'epoca, nulla della loro originaria denominazione sopravvive in una qualsiasi attuale lingua. La deficienza etimologica appare per lo meno sospetta non sussistendo alcun dubbio sull'impatto emotivo che le stesse dovettero produrre sui contemporanei, fortemente suggestionati e dalla loro complessità meccanica e dalla loro letalità balistica. L'unica plausibile spiegazione dell'altrimenti singolare rimozione deve pertanto ravvisarsi nella durata dell'impiego, troppo effimera e per giunta esauritasi con il sopravvento di armi sostanzialmente analoghe ma impostate su criteri di accumulo energetico radicalmente diversi. Per la riscontrata superiorità quest'ultime si imposero in pochi decenni assurgendo ad artiglierie elastiche per antonomasia, cancellando così qualsiasi reminiscenza delle prime, nome compreso. Ora, assodato che anche le macchine da lancio più recenti ed evolute funzionavano sempre sfruttando la deformazione elastica, continuando a scagliare proietti identici a distanze di poco superiori, deve motivatamente supporsi che le menzionate radicali innovazioni dovettero necessariamente riguardare soltanto il congegno motopropulsore ed, in particolare, il suo accumulatore energetico.

La conclusione trova peraltro un ampio suffragio nelle fonti che ci tramandano alquante descrizioni di quelle antesignane artiglierie. In generale, infatti, le esposizioni sorvolano sulle loro parti correnti, segno di una già notissima configurazione, indugiando, invece, insistentemente e diffusamente, su di una inedita esigenza connessa con il loro approntamento e manutenzionamento: quella di capelli o crini equini. In brevissimo tempo quelle fibre, fino ad allora praticamente inutili, acquisirono un interesse strategico: sappiamo di ingenti quantità di capelli trasportati sulle navi da un città all'altra della Grecia. Ovvio, pertanto, supporre che proprio con quelle sottili e lunghe formazioni che-

ratinose si fossero realizzati accumulatori energetici di grande potenza, sempre basati sulla deformazione elastica diversa, però, dalla tradizionale a flessione. E per fibre così minuscole l'unica deformazione è l'allungamento che, allorquando si congiungono insieme, come in una treccia, si consegue soprattutto per torsione. Conseguenziale, quindi, ritenere che tanto i capelli femminili quanto i crini equini, trasportati dalle navi, siano la prima allusione implicita all'avvento di artiglierie meccaniche basate sulla torsione di matasse elastiche, formate di capelli o di crini.

Torsione, infatti, deriva da torcere, in latino *torquere* che a sua volta deriva da *tormentare* voce verbale che definisce appunto l'azione rotatoria impartita ad un oggetto flessibile, in particolare ai fasci di fibre per fabbricare le corde. Nel caso delle nuove artiglierie, *tormentare* indicava la torsione che veniva impartita alle matasse elastiche portandone fin quasi al limite di snervamento i singoli fili, accumulando perciò nelle stesse ingentissime quantità di energia potenziale. Nessuna meraviglia, pertanto, che sempre in latino il nome generico di tali armi sia stato **tormenta,** nome che ereditarono anche le artiglierie a polvere tardo medievali, conservandolo significativamente fino alla irreversibile dismissione di quelle meccaniche (**1**).

Ed il vocabolo è perfettamente sopravvissuto in tutte le lingue neolatine, specialmente nella nostra, con un emblematico ampliamento di significato. Insieme al suo stretto derivato, *tortura*, designa infatti un supplizio straziante inflitto per ragioni presunte gravissime con fredda determinazione: al pari del termine anche questa condizione psicologica appare l'estremo residuo non del piacere di una mente sadica ma di una efficace direzione di tiro!

Tralasciando qualsiasi ulteriore, sia pur interessante, approfondimento etimologico, tornando al linguaggio delle fonti, circa gli accennati rinvenimenti di frammenti epigrafici va subito osservato una significativa concomitanza. La loro entità numerica ostenta un vistoso addensamento nel medesimo scorcio cronologico nel quale si è ipotizzata l'affermazione delle artiglierie a torsione. In pochi decenni le allusioni alle stesse, od alla loro componentistica si moltiplicano e si differenziano. Il che ci lascia arguire una variegata gamma di soluzioni tecniche e strutturali, ciascuna delle quali di configurazione ormai canonica, meccanicamente così assodata da consentire il formarsi di una trattatistica specializzata. Le opere di quei remoti ingegneri, sebbene pervenuteci nella maggioranza dei casi mutile, disarticolate e per successive trascrizioni, sono ancora tanto ricche di indicazioni e di puntualizzazioni empiriche da consentirci, finalmente, di superare l'incertezza e l'indeterminazione delle precedenti parti delle ricerca per addentrarci in un ambito storico e tecnico propriamente detto.

---

1 - Per ulteriori approfondimenti sulle origini etimologiche in ambito militare di molti vocaboli attuali della lingua italiana cfr. G. CERBO, F. RUSSO, *Pensieri e parole,* Roma 2000.

L'avvento

Cronologicamente il salto evolutivo dalle artiglierie a flessione a quelle a torsione, nonostante la relativa complessità di quest'ultime, dovette verificarsi in tempi incredibilmente brevi. Si spiega così che alle sporadiche menzioni delle prime, rintracciabili con sufficiente attendibilità a partire dalla fine del V sec. a.C., quelle delle seconde inizino a rincorrersi appena una cinquantina di anni dopo, per l'esattezza dalla metà del IV. Come se non bastasse, a differenza della tipologia a flessione quella a torsione, una volta inventata, non fu più abbandonata per quasi un millennio, limite di servizio raramente superato da un'arma di impiego collettivo. E, fenomeno ancora più eccezionale, in quel lunghissimo arco esistenziale, nonostante l'incessante teoria di perfezionamenti subiti, mai ne fu messo in discussione il concetto informatore, ovvero il suo accumulatore energetico a matasse elastiche sollecitate a torsione.

Come sempre quando si dispone di fonti abbastanza numerose diviene improbo accertarne la relativa collocazione temporale e per ovvia conseguenza la data più probabile di quando: "...l'artiglieria a torsione fu inventata. L'iniziale indiscutibile riscontro per catapulte con matasse elastiche di tendine o capelli si trova in una iscrizione relativa ai materiali militari, ed alle loro pertinenze, custoditi nella Calcoteca, la casa-tesoro ed arsenale, sull'Acropoli di Atene:

catapulte di due cubiti con matasse di capelli
complete 3

catapulte, di due cubiti, con matasse di capelli
non in buone condizioni ed incomplete 2

catapulte di tre cubiti, con matasse di capelli
non in buone condizioni ed incomplete 2

altre catapulte con matasse di capelli .....

Tutte le suddette catapulte, in buone condizioni o meno, qualora progettate per scagliare dardi di due o tre cubiti possiedono matasse di capelli. Non c'è alcun elemento per poter stabilire se si tratti di capelli di donna o di crini di cavallo, sebbene siano più probabili i secondi. La forma letteraria dell'iscrizione, stilisticamente, appartiene al periodo di Licurgo, 338-326 a.C. Perciò l'artiglieria a torsione esisteva, indubbiamente, già dal 326 a.C."(**2**).

Sulla datazione del documento citato, tuttavia, non vi è la concordanza dei mag-

---

2 - Da E. W. MARSDEN, *Greek...*, cit. , pp. 67-68. La traduzione è dell'A.

giori studiosi poiché stando al Garlan proprio quegli inventari devono riferirsi: "...al 306-5, e non all'epoca di Licurgo, come si credeva in passato... [Inoltre] si può supporre che alcune delle macchine menzionate nelle iscrizioni posteriori all'anno 307-6 fossero di costruzione recente, perché sappiamo che a quella data gli Ateniesi, su consiglio di Democrate, e forse con l'aiuto di Demetrio Poliorcete, decisero di potenziare la loro artiglieria..."(**3**). La precisazione se muta di poco la supposta data non muta affatto la questione: l'adozione della deformazione a torsione è fin troppo ravvicinata a quella a flessione perché fra i due eventi non vi sia stato un nesso logico agevolante, una qualche interdipendenza inventiva. Il che istiga ad azzardare almeno un'ipotesi al riguardo.

La costruzione delle artiglierie a flessione, quand'anche di struttura relativamente semplice, implicava lo scrupoloso rispetto delle dimensioni di singoli pezzi destinati ad incastrarsi tra loro. Di per sé ciò non costituiva una assoluta novità, né una lavorazione di punta: lo diveniva, invece, per la quantità e la eterogeneità dei componenti da assemblare. Occorreva, infatti, sagomare le grosse travi di quercia, squadrarle e giuntarle secondo precisi angoli. Occorreva lavorare il corno formandone lastre a strati accuratamente sovrapposti. Occorreva realizzare elementi di bronzo geometricamente esatti: in particolare le tolleranze andavano ridotte al minimo nella scassa lungo il fusto a sezione trapezoidale destinata ad alloggiare il piede della slitta a coda di rondine.

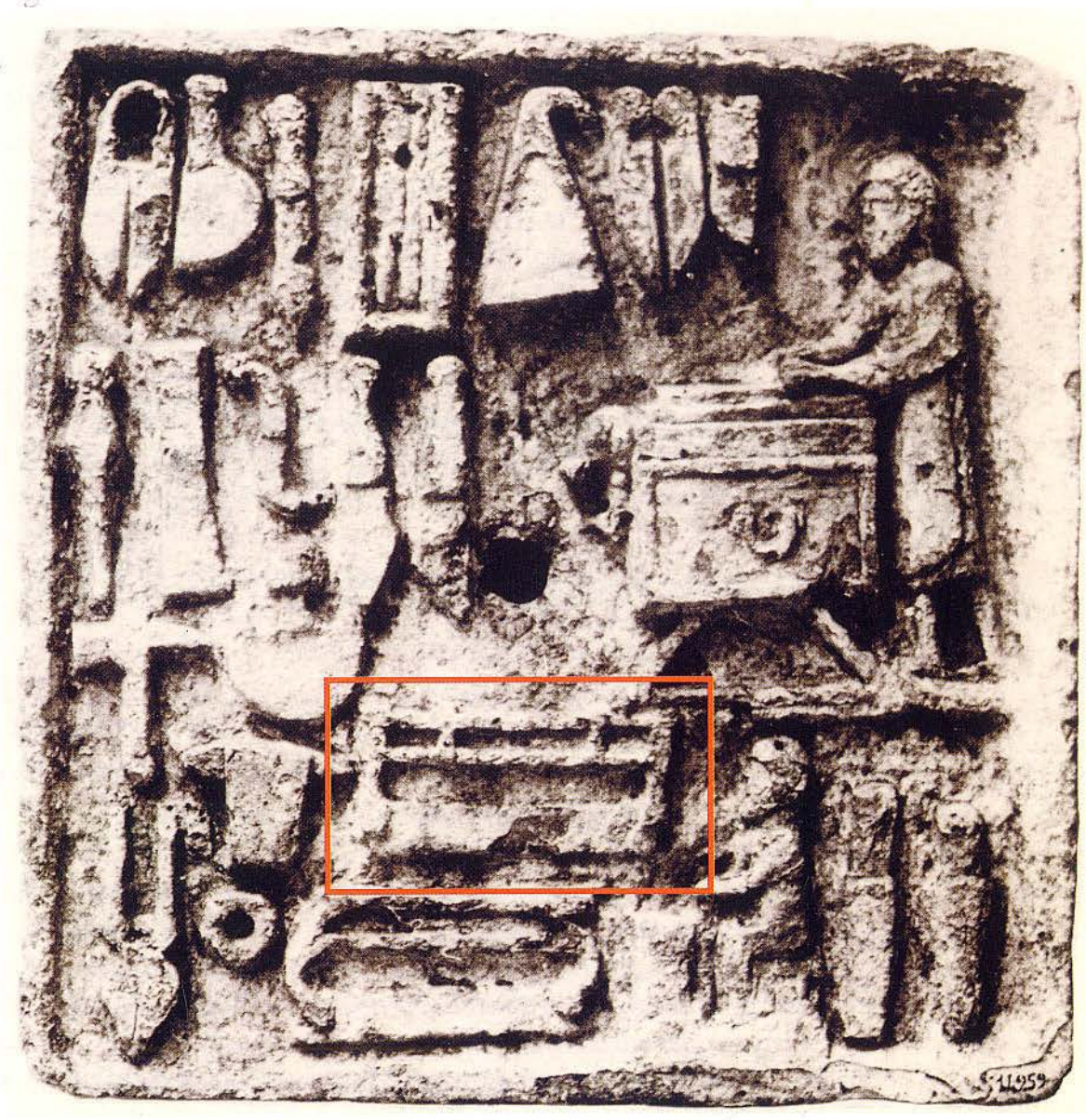
Strumenti ed attrezzature non abbondavano all'epoca e quei pochi disponibili nell'attività della carpenteria e della falegnameria possono ridursi in sostanza alla sega a lama, agli scalpelli, alla pialla, al trapano ad arco, oltre ovviamente a martelli e tenaglie. E quasi certamente proprio dal più versatile fra loro dovette derivare lo spunto.

Per ridurre i grossi tronchi d'albero stagionati a travi quadrate ed a tavoloni di spessore uniforme, si procedeva, prassi rimasta sostanzialmente immutata fin quasi agli inizi del secolo scorso, a tagli paralleli longitudinali ottenuti impiegando una grande sega a lama libera, manovrata da due uomini. Per le successive lavorazioni meno grezze si utilizzava una sega più piccola, la cui lama non veniva messa in tensione dalla forza contrapposta degli operai, ma dalla divaricazione di due tozzi bracci imperniati sopra e sotto un robusto asse centrale: tra le loro estremità anteriori, infatti, stava fissata la lama mentre fra quelle posteriori una corda ritorta. Attorcigliandola ulteriormente con un listello intermedio, si accorciava e per conseguenza i bracci tendevano ad avvicinarsi tesando dalla parte opposta il nastro di metallo dentato. Per lame più lunghe i listelli erano due: di tali utensili abbiamo alquante raffigurazioni nei bassorilievi e nei reperti archeologici. Del resto il modello ad un solo listello, lo si ritrova ancora in qualche laboratorio di falegnameria fra gli attrezzi dei vecchi artigiani (**4**).

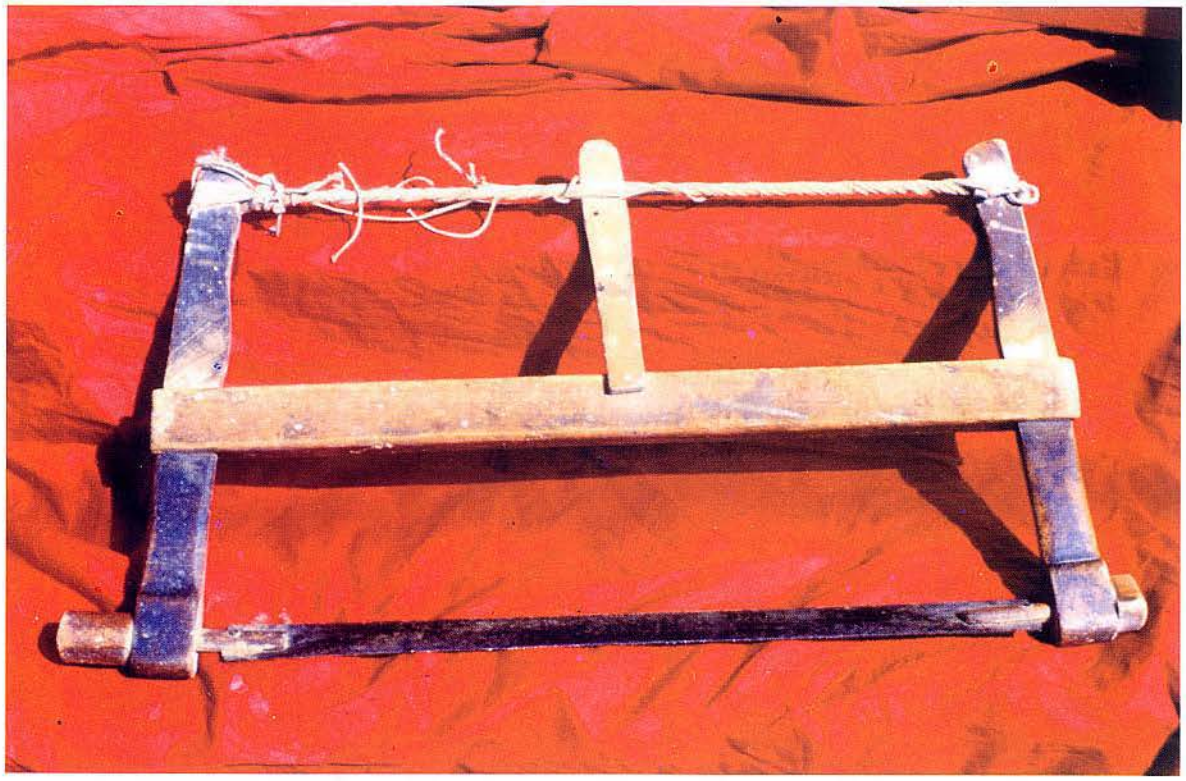
---

3 - La citazione è tratta da Y. GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque*, Parigi 1974, p. 217.

4 - Circa gli strumenti impiegati nell'antichità classica cfr. N. DAVEY, *Storia del materiale da costruzione*, Milano 1965, pp. 219 e sgg. Una perfetta rappresentazione della sega a doppio listello la si può vedere in un bassorilievo in terracotta per uso funerario ritrovato in una tomba di Ostia: al riguardo cfr. C. PAVOLINI, *La vita quotidiana a Ostia*, Bari 1986, pp. 56 e sgg.



38 - Ostia, Roma: rilievo in terracotta con scena di fabbricazione di attrezzi. Dalla necropoli dell'Isola Sacra, Ostia Magazzini. La sega a telaio rappresentata è del tipo a doppio listello per lama particolarmente lunga.



39 - Vecchia sega da falegname a telaio a listello unico con corda per la messa in tensione della lama.

Orbene non deve essere occorsa notevole fantasia per gli antichi mastri intenti a sagomare con siffatte seghe i pezzi dei grossi *gastrafete* realizzare che i listelli delle stesse, quando liberati, ruotavano violentemente trascinati dalla corda, esattamente come i corni dell'arco. Ovvio che sarebbe stato possibile sostituire quest'ultimi con una coppia dei primi, per ottenere forze anche maggiori. Il passaggio successivo, dovette consistere nel posizionare i fulcri dei due listelli non più nel medesimo piano orizzontale ma in uno verticale impiegando un apposito telaio modificato. Nel giro di pochissimi decenni si potettero così assemblare praticamente dei rivoluzionari accumulatori energetici a torsione, sperimentando in rapida sequenza le fibre più tenaci e resistenti, cioè quelle capaci di immagazzinare le massime quantità di energia potenziale.

Quei remoti ingegneri, logicamente, non conoscevano le leggi dell'elasticità né disponevano di un vasto repertorio di fibre idonee per il rude impiego. Per tale ragione fu subito abbastanza evidente che quelle di origine vegetale, impiegate per la fabbricazione di corde e funi, ostentavano limiti di snervamento alquanto inferiori a quelle di origine animale, quali capelli femminili, crini equini e tendini bovini. Pertanto proprio fra queste ultime occorreva ricercare quelle ideali per le matasse elastiche delle artiglierie a torsione.

Fisica della torsione

Dal punto di vista meramente fisico la torsione è una deformazione di un solido, per lo più di forma cilindrica allungata, nel corso della quale ogni sua parte viene sottoposta a sollecitazione della stessa specie. A differenza della flessione, infatti, la cui applicazione dà origine ad una zona compressa e ad una tesa, nella torsione tutte le fibre subiscono soltanto un allungamento, ovvero una trazione, sebbene di entità decrescente dalla periferia verso il centro. Tenendo conto che in pratica riesce molto più agevole deformare elasticamente un materiale per trazione piuttosto che per compressione, appare evidente che un solido così allungato accumuli molta più energia di uno, di pari sezione, deformato contemporaneamente da entrambe. E' esperienza quotidiana osservare la facilità con la quale si allunga un filo, od un foglio di plastica, e lo sforzo necessario per schiacciare anche di poco un blocchetto della stessa materia (**5**). A rendere, però, di gran lunga più conveniente nella realizzazione di accumulatori elastici l'adozione della torsione, fu la constatazione che non solo i metalli potevano fornire le maggiori potenzialità ma una vasta gamma di fibre naturali, vegetali ed animali. In alcuni casi se ne osserva addirittura una spiccata superiorità nel rapporto peso resistenza. Il che rende un congegno siffatto perfettamente compatibile con la tecnologia dell'epoca, per quanto detto in precedenza incapace di forgiare lamine di acciaio temprato di sufficiente dimensione per eventuali molle lamellari.

Volendo approfondire il comportamento di una matassa sottoposta a torsione possiamo prendere ad esempio quello di una gomena di canapa. Sappiamo tutti perfettamente che per la tipologia delle fibre componenti, lunghe fino ad un metro, la potenzialità di carico risulta tra le maggiori della categoria, attestandosi in piena sicurezza tra valori di 7–10 t per mq (**6**). Superati tali livelli si manifesta la crescente contrazione del suo diametro ed un contemporaneo abnorme allungamento. Orbene quest'ultima deformazione, al pari di quanto osservato in quella per flessione, può sintetizzarsi in due fasi fondamentali. La prima è di tipo perfettamente elastico: al cessare del carico la fune riacquista la sua dimensione originale. La seconda, invece, si manifesta dopo aver oltrepassato la soglia di snervamento delle fibre, ed è di tipo permanente. Aumentando ancora il carico, anche di poco, si ha la rottura della fune.

Per realizzare un sistema energetico reversibile, almeno per un consistente numero di cicli, si sarebbe, perciò, dovuto scegliere un materiale che non solo ostentasse spiccate caratteristiche di elasticità, discretamente costanti, ma che manifestasse anche un ampio valore di deformazione prima dello snervamento. Infatti si ravvisa una sorta di proporzionalità diretta fra l'escursione dell'allungamento elastico e l'idoneità degli accumu-

---

5 - Una spiegazione scientificamente corretta ma molto elementare e comprensibile dei fenomeni connessi con l'elasticità dei materiali è esposta da R. FIESCHI, *Dalla pietra al laser*, Roma 1981, pp. 61-72.

6 - Per ulteriori approfondimenti cfr. F. FILIPPI (a cura di), *Dizionario d'ingegneria*, Torino 1970, vol. III alla voce 'corda'.

latori a torsione ad immagazzinare le massime quantità di energia potenziale, comunque di gran lunga eccedenti quelle a flessione. E materiali con caratteristiche del genere erano abbastanza facili da individuare.

Un ulteriore pregio di un congegno siffatto consisteva nella facoltà di variarne le dimensioni, e quindi le prestazioni, in relazione ai compiti previsti. Esattamente come si sceglie il diametro di una corda in funzione del peso che deve sostenere, così si sarebbero potuti stabilire i diametri delle matasse elastiche in funzione del proietto che la macchina avrebbe dovuto scagliare. Il che finì per far assurgere il diametro stesso ad unità di misura per qualsiasi costruzione del genere, una sorta di modulo di base svincolato da ogni localismo e particolarismo metrico. In ciò potrebbe ravvisarsi la concezione squisitamente greca della razionalità, che già da oltre un secolo aveva avuto modo di trasformare in ambito architettonico il diametro delle colonne in modulo dimensionale dell'intero tempio (**7**). Ed è significativo osservare che il senso armonico dei Greci giunse ad individuare, alquanto rapidamente, per le artiglierie neurobalistiche costruite secondo le precise formule dei trattatisti, una sorta di canone volumetrico. Dovevano occupare, infatti, uno spazio pari a circa 20 moduli per la lunghezza, 13 per la larghezza e 17 o 18 per l'altezza: al di fuori di quei valori la sproporzione equivaleva a disfunzione!

Volendo esemplificare quanto detto una macchina destinata a scagliare un dardo di 4 cubiti, circa 2 m, e quindi dotata di matasse di 10 dattili di modulo, pari a quasi 20 cm di diametro, rientrava in un ingombro di circa m 4 x 2.6 x 3.5. Con i medesimi rapporti ma applicati ad una macchina destinata scagliare una palla di pietra pesante un talento -il calibro più frequente, pari a quasi kg 26- si ricava un modulo di 20 dattili, circa 40 cm che portano l'ingombro a m 7.80 x 5 x 6.80. Generalizzando i dati se ne può concludere che i pezzi destinati a lanciare le palle erano più grandi di quelli destinati a lanciare i dardi e forse gli apparati motopropulsori non erano nemmeno concettualmente identici.

Per alcuni studiosi, infatti: "...per giustificare questa differenza di potenza, non è sufficiente invocare l'eterogeneità dei proietti: le catapulte per le frecce di 3 o di 4 cubiti, da un lato, e quelle per le palle da 3 talenti dall'altro, dovevano possedere due sistemi di propulsione differenti, gli stessi che i meccanici successivi, a partire da Filone di Bisanzio, qualificarono '*eutitone*' e '*palintone*'. In tale ipotesi, l'invenzione del sistema *palintone* sarebbe anteriore all'assedio di Salamina di Cipro, nel 306, condotto da Demetrio Poliorcete...". (**8**)

In realtà circa l'esatta interpretazione di quest'ultima suddivisione tipologica, di cui in precedenza si è fornito qualche ragguaglio relativamente agli archi, regna alquanta incertezza. Per alcuni autori i Greci: "...chiamavano *euthytone* le macchine... in cui le braccia erano divergenti (come capitava nell'arco) e *palintone* quelle in cui le braccia risultavano convergenti e rivolte in direzione opposta al tiratore..."(**9**). Per altri, invece,

---

7 - Precisa R. MARTIN, *Architettura Greca*, in *Architettura mediterranea preromana*, a cura di P. L. Nervi, Venezia 1972, p. 277: "...Il tempio di Zeus a Olimpia... si colloca senza dubbio negli anni 470-460 a. C. ...[In esso] si fa sempre più rigida l'applicazione dei sistemi modulari, di cui gli architetti posteriori faranno spesso una regola chiusa a qualsiasi evoluzione...". L'affermazione pertanto del concetto di modulo anticipa di circa un secolo la sua adozione anche nella meccanica della artiglierie a torsione.

8 - La citazione è tratta da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit. , pp. 223-224.

tale bipartizione dipendeva dal diverso modo adottato per la torsione delle matasse elastiche; o dalla composizione stessa delle matasse, o dalla loro disposizione rispetto all'asse dell'arma, od anche dalla forma della parte anteriore di quest'ultima, od ancora dalla geometria della traiettoria dei proietti. Di certo la maggior parte degli studiosi sembra concordare sulla spiegazione di Marsden, ritenendola di gran lunga la più probabile. Secondo l'acuto indagatore: "...la macchina *palintone* dovette il suo nome al fatto che i due contenitori di fissaggio nei quali stavano alloggiate le matasse motrici erano disposti obliquamente verso l'esterno di modo che si accresceva la corsa dei bracci di propulsione; per le sue linee sommarie, questo congegno ricordava così il profilo di un arco *palintone*..."(**10**).

Volendo semplificare la distinzione, per quanto possibile e per quanto plausibile, sarebbero state *euthytone* le artiglierie a torsione nelle quali prolungando idealmente le estremità delle braccia che fuoriuscivano dalle matasse i segmenti convergevano formando una sorta di V con il vertice concorde con il senso di tiro. Quando al contrario, ovviamente, sarebbero state *palintone*. Pertanto nel primo caso la configurazione delle braccia, in pianta o dall'alto, ricordava quella dei corni di un arco ad una sola curvatura, o semplice, nel quale l'impugnatura corrispondeva al suddetto vertice. Nel secondo, invece, l'unica similitudine possibile era con l'arco composto, nel quale effettivamente i corni divergono rispetto all'impugnatura.

Tanta pignoleria non può semplicisticamente supporsi dettata da una esasperata esigenza descrittiva ma da concrete differenze funzionali, per noi oggi, disgraziatamente, pressochè ignote. Quasi certamente, comunque, tale ambiguità deve ricondursi alla diversa accelerazione che riusciva possibile imprimere ai proietti nelle due differenti concezioni. Essendo quella in entrambi i casi direttamente proporzionale alla durata del trascinamento della corda sopra il canale, la condizione di ottimizzazione sarebbe consistita nel renderlo il più lungo possibile, esattamente come si fa nelle armi da fuoco con l'anima per il medesimo scopo. Il che significava accrescere al massimo l'angolo di rotazione delle braccia, magari collocando obliquamente rispetto all'asse dell'arma l'ubicazione dei supporti delle matasse.

In linea di massima, al di là di ogni ingegnosa interpretazione, nelle artiglierie *palintone*: "...risultava minore il rapporto tra il percorso del proiettile lungo il fusto e l'angolo descritto dalle braccia e quindi diminuiva la precisione del tiro. In conclusione le *palintone* erano più adatte pei grossi proiettili, il cui effetto su grossi bersagli era in ogni caso sempre assicurato dal peso... mentre al tipo *euthytone* appartenevano in generale le macchine per lanciare dardi, usate da lontano negli assedi e alle quali si domandava pertanto più efficacia di mira..."(**11**).

---

9 - Da A. CASSI RAMELLI, *Dalle caverne ai rifugi blindati*, Milano 1964, p. 62.

10 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit. , p. 223, nota 2.

11 - Da A. CASSI RAMELLI, *Dalle caverne...*, cit. , p. 62.

Ulteriori dettagli costruttivi

E' interessante osservare che quella esposta costituisce in sostanza la spiegazione fornita già all'epoca da Erone di Alessandria nel suo trattato sulle *Macchine da guerra* pervenutoci insieme all'altro *Cheirobaliste*, relativo alle artiglierie elastiche campali. Orbene l'autore prospetta una suddivisione alquanto articolata, per alcuni studiosi addirittura troppo artificiosa ed approssimata, poiché si limitava a ritenere che: "...a) le macchine *eutitone*: lanciavano solo frecce. Alcuni le chiamavano scorpioni; b)le macchine *palintone* invece potevano servire a lanciare sia frecce che pietre: in quest'ultimo caso sono chiamate *litoboli*..."(**12**).

Va, infine, osservato riguardo alla fase di accelerazione delle palle sul canale della slitta che queste, anche quando perfettamente sferiche, non rotolavano ma si limitavano soltanto a strisciare. Pertanto l'esigenza di contenere al massimo l'attrito fra queste ed il legno doveva destreggiarsi tra due antitetiche esigenze: da un lato aumentare la lunghezza della corsa, come ricordato, per aumentare la precisione del tiro, dall'altro ridurla per ridurre la perdita di energia, sinonimo di minore gittata. Come pure, e sempre per l'identica necessità di contenere gli attriti nella fase di lancio, la concavità del canale fu realizzata con un raggio di curvatura molto superiore a quello delle palle, che perciò finivano per esservi semplicemente tangenti inferiormente. La soluzione elaborata comportò l'adozione nelle baliste di una tozza slitta, breve e larga, vistosamente diversa da quella delle coeve catapulte. Il dettaglio, dal punto di vista balistico, lascia presumere che i tecnici di allora preferivano tirare a distanza maggiore piuttosto che con maggiore precisione.

L'ampiezza del diametro del canale eccedente quello della palla spiega pure perché non sia mai esistito in queste artiglierie, come accennato, alcuna corrispondenza di tipo biunivoco fra palla e canale, come quella adottata secoli dopo nelle artiglierie a polvere tra proietto ed anima. A questo punto l'adozione nelle macchine a torsione di palle accuratamente sferiche sembra una sterile ricercatezza, una inspiegabile sofisticazione. Considerando inoltre che non esisteva alcun rigido vincolo geometrico fra le stesse e l'arma destinata a scagliarle anche una approssimata sfericità sembra un inutile sperpero di risorse, potendosi scagliare semplici ciottoli, o sassi. In realtà, però, alla base di quella opzione giocarono concrete motivazioni, la prima delle quali fu la riconosciuta interdipendenza tra regolarità del proietto e regolarità della traiettoria, presupposto di prevedibile punteria. Senza contare che una sfera di pietra produce un impatto più devastante, indipendentemente da come arrivi. La palla, infatti, proprio per la sua forma, sotto qualsiasi angolo impatti, percuote l'estradosso del bersaglio tangenzialmente, ovvero con la minima superficie. Il che accentua enormemente la pressione nel punto colpito, sgretolandone la resistenza e favorendo la penetrazione. Sempre a causa della sua forma un proietto sferico riesce a rotolare sugli spalti per molte decine di metri conservando, quasi

---

12 - La citazione è tratta da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, p. 193.

per l'intero percorso, una rilevante letalità, la stessa che richiederà sulle fortezze rinascimentali la costruzione di apposite, solidissime, traverse. Infine, di una palla riusciva immediato determinarne a prima vista il peso, e regolare le prestazioni delle macchine in conseguenza, evitando qualsiasi misurazione.

Tornando alla potenza delle artiglierie a torsione va ribadito che, esauritasi la sperimentazione delle diverse tipologie di fibre utilizzabili nelle matasse elastiche e limitatasi, per conseguenza, la scelta a pochissime di esse si superò l'empirismo vigente. Fino a quel momento, infatti, non era stato possibile stabilire una sia pur approssimata relazione fra il diametro e la potenza erogata. I valori forniti variavano considerevolmente da fibra a fibra e dal relativo stato di decadimento. Le fonti, come evidenziato in precedenza, sono al riguardo estremamente illuminanti. Il loro indugiare sulla precisa natura delle fibre delle matasse sembrerebbe implicitamente ribadire che il comportamento delle stesse non fosse affatto identico, come del resto non sono identici a parità di sezione i carichi sopportati da corde di canapa, di seta o di nailon.

Cronologicamente dovette intercorrere un tempo brevissimo fra l'adozione degli accumulatori a torsione e la constatazione delle precipue resistenze delle fibre disponibili. E più in generale che alcune di esse a base di cheratina, d'origine animale (**13**), si confermassero le migliori in assoluto, specie quando particolarmente lunghe, come i crini equini od i capelli femminili. Ovviamente nessuno si sarebbe mai sognato di costruire matasse elastiche con le chiome delle matrone, se non altro per la loro scarsa disponibilità in relazione alla domanda, ragione sostanzialmente identica, del resto, anche per l'impiego delle code di cavallo.

Tuttavia il reiterarsi ed il moltiplicarsi delle esperienze, pur confermando la risaputa superiorità dei capelli, la correlò non tanto alla loro singolare natura quanto, prioritariamente, alla loro lunghezza, connotazione che condividevano con i crini caudali dei cavalli. Infatti, matasse realizzate impiegando corde ottenute filando peli di animali da pelliccia o setole, anche di risaputa resistenza, non fornivano prestazioni confrontabili con quelle dei crini e dei capelli. Pur essendo assolutamente identiche sotto il profilo chimico, e di identico diametro, tali fibre si sfilacciavano irrimediabilmente persino per carichi molto minori. La spiegazione dell'apparentemente assurdo fenomeno deve individuarsi nella loro inidoneità alla filatura. Infatti, essendo le corde, ottenute per attorcigliamento delle singole fibre maggiore ne è la lunghezza maggiore sarà l'aderenza laterale fra le stesse e quindi la coesione dell'insieme. Occorre, tuttavia, precisare al riguardo che per gli antichi differenze anche minime, relativamente al nostro attuale punto di vista, erano di

---

13 - Dal punto di vista chimico la cheratina, o *keratina*, è una proteina semplice del gruppo delle *scleroproteine*. Costituisce la componente base della materia cornea, cioè dell'epidermide, delle unghie, delle corna ed anche dei capelli e dei peli. Nessuna meraviglia, pertanto, che sebbene all'epoca ciò fosse del tutto ignoto, nelle macchine a torsione si finì per impiegare filamenti delle stessa composizione chimica delle piastre di corno delle macchine a flessione. Si presenta allo stato naturale come semitrasparente di colore giallognolo, tendente al grigio ed al nero. La densità eccede quella dell'acqua: a temperature prossime ai 100° rammollisce, prestandosi finchè rimane così a qualsiasi lavorazione, riacquistando con il ritorno alla temperatura normale le sue originarie caratteristiche.

straordinaria rilevanza. Sarebbe allora indispensabile per dirimere qualsiasi dubbio disporre di attendibili esiti di tiro, ma in merito nessuna conclusione appare utilizzabile, meno che mai le presunte prestazioni balistiche attinte dalle fonti.

La gittata infatti: "...delle diverse macchine resta estremamente incerta: per apprezzarla, non si può... tenere troppo da conto né la menzione degli scrittori antichi circa alcune prestazioni che possono riguardarsi alla stregua di primati ottenuti in condizioni eccezionalmente propizie, né i risultati -peraltro molto divaricati- delle prove di tiro effettuate da sperimentatori moderni, tramite l'impiego di modelli in grandezza naturale di siffatte macchine, che per essere state costruite in base alle prescrizioni di Filone, di Erone o di Vitruvio non dovrebbero sensibilmente differire dagli originali, se non per la qualità dei materiali impiegati. Agli inizi dell'età ellenistica la gittata utile delle catapulte - senza dubbio più estesa per quelle destinate a scagliare dardi, propriamente dette *oxibele* rispetto a quelle per le palle, a loro volta dette *litobole* o *petrobole*- sembra attestarsi intorno ai due stadi, pari a circa 360 m. Nel corso dell'assedio di Rodi, secondo Diodoro, quelle che furono messe in batteria da Demetrio all'estremità del braccio del porto tiravano fino alle mura distanti 5-6 stadi, ovvero a circa 800-900 m. Sebbene la potenza delle macchine fosse a volte più modesta di quanto si immagini, per i contemporanei restava tuttavia fonte di meraviglia, ed in particolare la forza di penetrazione delle catapulte..."(**14**).

Capelli, crini e tendini

L'indeterminazione sulla gittata effettiva delle artiglierie a torsione appare in stridente contrasto con la pedante insistenza percepibile nei frammenti letterari od epigrafici, circa la tipologia delle fibre impiegate dalle catapulte. Sebbene per quanto detto, ci sfuggono al riguardo significative diversità fra i crini caudali equini ed i capelli femminili, è indubbio che per gli antichi, invece, ve ne fossero e di consistenti tanto, almeno, da correlarle con le prestazioni dell'arma. Il dato ci induce a ritenere che, oltre al fattore lunghezza, giocasse a vantaggio dei secondi anche una più pregnante peculiarità, all'epoca affatto trascurabile, della quale, però, se ne trova discreta menzione solo in un trattato. Precisava, infatti, il già citato Erone, uno dei massimi tecnici del settore, che: "...la propulsione dei bracci delle catapulte è così assicurata mediante capelli femminili. Questi, a causa della loro finezza, della loro lunghezza e della quantità di olio con il quale sono stati curati, quando si costruiscono delle trecce, posseggono una enorme elasticità, nonostante che forniscano uno sforzo pari a quello dei tendini..."(**15**).

In realtà è probabile che il pregio dei capelli femminili non dipendesse affatto dalla elasticità provocata dal loro prolungato trattamento con miscele oleose quanto, piuttosto,

---

14 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit. pp. 22-45.

15 - La citazione è tratta da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 220, nota 3.

dalla loro conseguente untuosità. In definitiva, ogni singolo capello, conservando una certa lubricità, avrebbe mantenuto la capacità di scorrere rispetto ai contigui nonostante la rilevanza della sollecitazione applicata, comportamento che finiva per esaltare la condivisione della sollecitazione. Si spiega così la ragione per la quale esauritesi nel corso degli assedi le scorte di fasci di tendini, i difensori richiedessero alle loro donne, e non agli uomini con i capelli lunghi, affatto rari anche all'epoca, il sacrificio delle chiome, peraltro sempre spontaneamente se non entusiasticamente offerte, ricavandone oltre al ripristino della funzionalità delle catapulte anche un incremento delle prestazioni.

La vicenda, che la maggioranza degli storici antichi ha tramandato con le ambientazioni più diverse, conferma tra l'altro, sia pure indirettamente, la forte usura prodotta dalla torsione sulle fibre delle matasse e la necessità di sostituirle con alquanta frequenza. Logico, perciò, ritenere che di tale ricorrente incombenza se ne sia tenuto debito conto nella progettazione degli ancoraggi delle stesse negli accumulatori elastici.

Al di là della difficoltà del reperimento in quantitativi sufficienti tanto i capelli quanto i crini caudali equini manifestavano un secondo inconveniente senza dubbio di gran lunga più penalizzante del primo: la loro eccessiva igroscopicità. Il fenomeno ostentò in pieno le sue conseguenze sulle prestazioni delle artiglierie a torsione soltanto in un secondo momento, essendo l'impiego delle stesse, almeno per i primi decenni, concentrato nelle regioni dal clima caldo ed asciutto e, per giunta, nella stagione estiva. In pratica con l'incrementarsi dell'umidità ambientale le loro fibre si inturgidiscono aumentando di dimensione. Il menomeno di scarsa rilevanza volumetrica è però evidentissimo se relazionato alla dimensione maggiore, al punto da essere sfruttato per la realizzazione del cosiddetto *igrometro a capello,* nel quale la rotazione dell'ago è provocata dal variare di lunghezza di un capello in funzione della quantità umidità atmosferica.

Ora una mutazione anche minima della grandezza delle fibre determina in una matassa ritorta fino quasi al limite di snervamento un improvviso e rilevante calo di tensione che si trasformava in una altrettanto vistosa perdita di potenza dell'arma. Certamente era sempre possibile, almeno da un certo momento in poi, con apposite accortezze meccaniche ricaricare le matasse torcendole ulteriormente, ma l'operazione, oltre alla intuibile complessità presentava alquanti rischi. Se, tanto per esemplificare, l'improvviso aumento dell'umidità nell'aria era la conseguenza, situazione peraltro frequentissima nei climi mediterranei, di una breve e violenta precipitazione bastava il ritorno del sole per ripristinare in poche ore le condizioni precedenti. Il vapore acqueo in eccesso rapidamente scompariva ed i capelli, tornavano con altrettanta rapidità alle loro dimensioni originarie. Ma per l'eccessiva torsione ricevuta, non riuscendo a sopportarne più la tensione, si snervavano e, nei casi peggiori, si spezzavano addirittura.

E' significativo osservare al riguardo che nell'architettura militare greca le artiglierie a torsione furono sempre posizionate all'interno delle torri, in appositi ambienti ben areati ed asciutti. Quasi mai si ha menzione di un loro dislocamento sopra gli spalti o sui camminamenti di ronda all'addiaccio, senza alcun riparo dalle intemperie e dalla umidità della notte. Ed anche questi furono molto presto dotati di copertura superiore, certamente per proteggere i difensori dalla caduta dei proietti delle baliste degli attaccanti, ma anche per proteggere le matasse elastiche delle artiglierie dei difensori dalla pioggia, che avrebbe avuto altrimenti un esito micidiale, tacitando il tiro d'interdizione.

Limiti d'impiego

In base a quanto appena ricordato è logico concludere che le prestazioni delle artiglierie a torsione attingevano il loro apice al di sotto di un certa latitudine, o nella stagione asciutta. Simili condizioni climatiche o meteorologiche corrispondono, a ben vedere, ai teatri ed ai periodi operativi degli eserciti greci preellenici. E' infatti accertato che: "...la linea sottile esistente tra sussistenza e privazione... fa comprendere come l'obiettivo primario dell'esercito greco in campagna fosse costituito dai raccolti del suo antagonista, perché la distruzione dei prodotti della terra avrebbe messo il nemico sulle ginocchia. Questa situazione tendeva a limitare la guerra in molti modi: la lotta era generalmente ristretta al periodo del raccolto... All'inizio del V secolo a.C., la guerra seguiva in Grecia canali già antichi, la sua frequenza si adattava al ritmo delle stagioni..."(**16**). Quando, progressivamente, si ampliò l'ambito geografico e temporale fu giocoforza trovare delle fibre meno igroscopiche.

Di tutte le soluzioni sperimentate la migliore consistette nel sostituire i capelli ed i crini con i tendini, che unitamente ad una straordinaria resistenza alla trazione avevano il pregio di una illimitata disponibilità. L'insieme delle due peculiarità rese la loro adozione pressoché assoluta, al punto che le stesse artiglierie acquisiranno, da quel momento in poi la definizione di neurobalistiche, o nevrobalistiche, per antonomasia. Ovviamente prima di essere impiegati i tendini andavano accuratamente preparati, fino a trasformarli in una sorta di fune resistentissima. Nonostante ciò, come già con le fibre cheratinose, anche con i tendini si registra una preferenza accordata ad alcuni piuttosto che ad altri, e per specie animale di provenienza e per posizione fisiologica. Stando ancora una volta alle indicazioni di Erone: " ...occorre impiegare i tendini, sia delle spalle che del dorso, di tutti gli animali ad eccezione dei maiali, essendo quest'ultimi inutilizzabili. Occorre inoltre chiedersi perché i tendini delle spalle e del dorso degli altri animali sono congrui alla funzione. Si sa, infatti, che in ogni animale sono appunto questi i tendini che lavorano di più nonché i più elastici. Così nei cervi risultano i tendini delle zampa e nei tori quelli del collo. Va applicato pertanto lo stesso ragionamento anche per gli altri animali..."(**17**).

In conclusione nel selezionare i tendini occorreva preferire quelli preposti al movimento dei muscoli maggiori di ciascuna specie animale: il che in definitiva equivaleva a preferire quelli più sviluppati. Ad onta della evidente pedanteria tutte le menzionate puntualizzazioni devono supporsi desumibili dalla esperienza già esistente, maturata forse nella fabbricazione degli archi, e non da scrupolose osservazioni. Gli antichi costruttori, infatti, non si curarono molto di individuare precise relazioni funzionali al riguardo per cui: "...non pervennero alla loro individuazione... né determinarono la dimensione del foro [per le matasse], sia perché la loro esperienza non era fondata su numerose realizzazioni sia perché le loro ricerche miravano a risultati pratici immediati. Ma i loro succes-

---

16 - Da R. A. PRESTON, S. F. WISE, *Storia sociale della guerra*, Verona 1973, p. 30.

17 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 220, nota 3.

sori, con sapevoli degli errori precedenti ed utilizzando le prove seguenti per individuare un principio fondamentale, scoprirono la base ed i fondamenti della costruzione, ovvero il diametro del foro destinato alla matassa. Questo è ciò che intuirono per primi gli ingegneri di Alessandria, che disposero di molti mezzi forniti dai re preoccupati della propria gloria ed amici dei tecnici..."(**18**).

La sequenza cronologica dell'evoluzione della artiglierie a torsione, pertanto, non appare di incontrovertibile formulazione. Persino la data effettiva dell'avvento di tale tipologia di macchine, al di là dei documenti citati in precedenza, peraltro come osservato di collocazione alquanto discussa, trova nebulose testimonianze. Infatti, tornando alle tracce epigrafiche: "...un'altra iscrizione attica, che possiamo definitivamente attribuire all'anno 330-329 a.C., lascia desumere l'esistenza di macchine a torsione sebbene le matasse stesse non siano esplicitamente menzionate. Si tratta in sostanza di un inventario di equipaggiamenti navali... custoditi nel grande arsenale del Pireo. Tra le sue voci:

telai per catapulte di Eretria 11
fusti per catapulte 14
basamenti per catapulte 7
archi rivestiti di cuoio 2
fusti per scorpioni 6
travi incrociate 5
ruotepulegge (per queste macchine) 3
dardi per catapulte senza cuspidi e governali 455
dardi con cuspidi 55
aste non lavorate per dardi di catapulte ..... 47" (**19**).

Come accennato nell'inventario non compare alcun esplicito riferimento alle catapulte a torsione, anzi vi si ritrovano due archi rivestiti di cuoio appartenenti senza dubbio ad una macchina a flessione. Tuttavia si coglie, senza ombra di dubbio, la presenza di una mezza dozzina di fusti per *scorpioni*. Ora con questo termine, almeno nei secoli successivi, si definiva una catapulta di piccolo calibro, usatissima dai Romani nelle loro fortificazioni e persino in allestimento ruotato per impiego campale. Il problema, a questo punto, è quello di stabilire che cosa, invece, si intendesse all'epoca dell'inventario per *scorpione*, che per completezza della notizia, compare nella circostanza per la prima volta. Tenendo conto della forma tipica dell'omonimo animale, munito anteriormente delle due caratteristiche *chele* -nome che in greco significa *braccia*- deve motivatamente concludersi che si trattava di un'arma costituita di un corpo allungato, di due braccia e di un pungiglione posteriore, pronto a scattare per ferire mortalmente senza il minimo rumore. Difficile individuare una somiglianza più calzante nel mondo animale per un'artiglieria tanto efficace e micidiale. Per alcuni studiosi l'ipotesi appare ancora più credibile se la voce tradotta come *archi rivestiti di cuoio 2*, venisse interpretata non come relativa ad una coppia di tradizionali archi, ma indicante, invece, i due semiarchi, ovvero le due braccia,

---

18 - Da Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 225.

19 - La citazione è tratta da E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillery*, Oxford 1969, p. 57.

di una macchina a torsione, che molto verosimilmente venivano rivestiti di cuoio per renderli più duraturi. Nel caso invece, che la traduzione si reputi attendibile soltanto nella versione letterale, deve concludersi che lo scorpione in questione fosse una sorta di balestra da posta o per, usare una dizione molto posteriore, un'arcobalestra.

Per avere la certezza di un esplicito riferimento a componenti di una macchina a torsione occorre attendere ancora una decina di anni, esattamente il 318-317 a.C., quando un altro frammento epigrafico relativo alle catapulte presenti sull'Acropoli così recita:

> "*catapulte da due cubiti con matasse di tendini* 16
> *scatole di dardi per catapulte* 10
> *altre catapulte da due cubiti, con matasse di tendini (?)* 1
> *catapulte da due cubiti, con matasse di capelli*..... "(**20**).

Nella citazione oltre all'indubbio riferimento alle matasse elastiche per macchine a torsione si coglie la loro già avvenuta diversificazione in *neurotone*, o *nevrotone*, se costituite di nervi bovini, e *tricotone*, se di capelli o crini. Per alcuni studiosi, anzi, l'indicazione sarebbe addirittura molto posteriore a tale precisazione. Essi, infatti, ritengono estremamente probabile che persino quando le fonti accennino esplicitamente ai capelli si sia trattato in realtà di tendini, gli unici ormai impiegati nelle macchine da lancio dei Macedoni. E la supposizione è confortata dall'assoluta assenza di matasse tricotone in un altro frammento di poco successivo, relativo agli: "...approvvigionamenti di artiglieria... (306-305 a.C.) che elenca i seguenti materiali, immagazzinati nella Calcoteca dell'Eritteo dell'Acropoli di Atene:

> *una catapulta petrobola ed una oxibele di quattro cubiti, completa, opera di Bromios*
> *un'altra catapulta da tre cubiti completa*
> *un'altra catapulta da tre cubiti con matasse nevrotone*
> *un'altra catapulta da tre spanne, completa, con matasse nevrotone...*"(**21**).

Le munizioni

Come nelle artiglierie a flessione, anche in quelle a torsione in pochissimi anni, accanto alle macchine destinate a lanciare i dardi si affiancarono quelle destinate a scagliare palle di pietra, riproponendosi perciò anche per loro la distinzione in catapulte e baliste. A partire dall'epoca ellenistica, comunque, la suddivisione è ormai acquisita stabilmente. La scomparsa pressoché integrale dell'artiglieria a flessione, eliminando qualsiasi precisazione circa la modalità di funzionamento, consentì di ribadire meglio tale sud-

---

20 - La citazione è tratta da E. W. MARSDEN, *Greek...*, cit., p. 69.

21- La citazione è tratta da E. W. MARSDEN, *Greek...*, cit., p. 70.

divisione, relazionandola più dettagliatamente alle munizioni impiegate. Infatti, divenute per antonomasia *oxibele* quelle costruite per lanciare dardi e *litobole* -o *petrobole* - quelle per lanciare palle di pietra, si dovette costatare che proprio nell'ambito delle seconde permaneva una certa ambiguità.

In greco il termine *palla* dispone di una sua dizione precisa, derivata dal verbo *ballein*, letteralmente 'scagliare', 'lanciare', per cui la definizione di *litobola* -o *petrobola*- etimologicamente avrebbe significato che 'scaglia la pietra', che 'lancia il sasso', qualifica che solo in prima approssimazione appare calzante. Essendo, infatti, le palle sempre e soltanto di pietra la stessa diviene per lo meno pleonastica, incongruenza senza dubbio ripugnante alla razionalità greca che non l'avrebbe tollerata. Il che ci induce, allora, ad ipotizzare l'esistenza di altri proietti, ancora di pietra, ma di diversa configurazione geometrica. E l'ipotesi acquista maggiore concretezza quando nelle fonti si fa riferimento esplicito a macchine destinate rispettivamente a scagliare pietre, palle o dardi, lasciando dedurre così che tra palle e pietre vi fosse una qualche differenza. E non potendo essere per ovvi motivi relativa alla materia di quei proietti, deve necessariamente supporsi relativa alla loro forma geometrica. Del resto risapendosi la competenza greca nella geometria dei solidi, assodato che la palla è sempre stata una sfera, la dicitura di pietra o di sasso non sembra suggerire una particolare configurazione. In altre parole, non si sarebbe trattato di un solido regolare, perché in tal caso ne avremmo trovato menzione come cilindro, cono, prisma ecc. Ovvio perciò concludere che venissero chiamati semplicemente

40 - Pompei: catasta di palle di balista ritrovate nel corso degli scavi. Risalgono, molto verosimilmente, all'89 a.C., quando la città venne assediata da Silla. Tra di esse sono ben evidenti alcune di forma allungata, volutamente realizzate così e non in conseguenza ad imperizia da parte degli scalpellini.

41 - Pompei: alcune palle di balista di calibro notevolmente diverso, realizzate anche con pietra di diversa provenienza.

pietre i proietti dalla forma non meglio precisabile, ma non del tutto casuale, almeno per due ordini di ragioni. Un sasso qualsiasi, irregolare e spigoloso, avrebbe originato una traiettoria altrettanto irregolare ed imprevedibile, privando il tiro della sia pur minima punteria. Inoltre, danno ancora peggiore, proietti siffatti avrebbero finito per 'arare' il canale della slitta, incidendovi profondi solchi, distruggendone irrimediabilmente la perfetta levigatezza indispensabile per contenere l'attrito e per la precisione balistica.

Ovvio, pertanto, presumere che la dizione *pietre* dovesse applicarsi nella fattispecie a sassi arrotondati come ad esempio i ciottoli fluviali, sebbene anche questa spiegazione appaia inadeguata a dipanare l'incertezza. A questo punto, la digressione rischia di sembrare uno sterile sofisma: indispensabile, quindi, per meglio comprendere la valenza pratica insita nella questione, esaminare le modalità d'impiego delle baliste, sia in fazione aggressiva che difensiva.

Per quanto finora delineato è indubbio che nel primo caso il tiro non fu mai indirizzato contro i difensori posizionati sugli spalti. Assurdo credere che un singolo uomo potesse costituire un bersaglio tanto remunerativo da giustificare la fatica ed il tempo necessari per ogni lancio: forse non era neppure sufficiente per compensare la difficoltà di procurarsi adeguati proietti di pietra. Il vero bersaglio erano invece le sovrastrutture, quali le merlature e le tettoie delle fortificazioni, specialmente quelle dietro, o sotto le quali stavano piazzate le artiglierie degli assediati. Si trattava in tutti i casi di costruzioni leggere, non di rado completamente di legno e sempre collocate al di sopra delle mura, facili perciò da

schiantare con palle di pietra di sufficiente dimensione. Quindi le baliste degli assedianti tiravano con un discreto angolo di elevazione: la loro slitta puntava verso l'alto e per conseguenza la palla si adagiava inerte tra il canale e la fionda al centro del corda in attesa del lancio.

Al pari degli attaccanti pure i difensori dirigevano il tiro delle loro baliste contro le macchine d'assedio ed, in particolare, contro le grosse artiglierie nemiche, schermate da tavolati e da palizzate. Anche in questo caso strutture di legno, di consistenza alquanto debole, comunque incapaci di sostenere gli impatti di grosse palle, specialmente se scagliate con traiettorie tese. Per quelle, infatti, provenienti dall'alto esistevano discreti ripari a doppio spiovente, ricordati nelle prima parte della ricerca, ma nulla del genere neutralizzava quelle lanciate dall'alto delle mura verso il basso con tiro teso. Però proprio l'attuazione del tiro in depressione appare incompatibile con le tradizionali sfere di pietra. Con angolo di elevazione negativo tanto il fusto quanto la sovrastante slitta, infatti, avrebbero avuto la parte anteriore più bassa di quella posteriore. Il canale si sarebbe perciò trasformato in un piano inclinato lungo il quale la palla avrebbe rotolato liberamente fino a cadere per terra. Impossibile frenarla collocandole davanti un piccolo cuneo: persino se di modesto spessore all'istante di lancio l'avrebbe inevitabilmente sollevata, deviandola verticalmente dalla direttrice corrispondete al prolungamento ideale del canale stesso, vanificando perciò la punteria.

Che cosa allora impediva quell'inconveniente?

42 - Ercolano: villa Signorini. Su di una antica colonna è stata utilizzata, come una qualsiasi scultura, una palla di pietra di approssimata fattura. Le caratteristiche litologiche di cui sono costituite entrambe le certifica tratte alcuni secoli fa dalle rovine di Pestum. La prima faceva parte quasi certamente di un tempio, mentre la seconda era un proietto lasciato nella città dall'assedio romano. La sua forma ad un esame meno sommario appare di tipo sferico allungato, per cui sarebbe stata una delle palle scagliate dall'artiglieria difensiva, dall'alto verso il basso, e non da quella degli attaccanti.

43 - Ulteriore scorcio della medesima palla, che ne evidenzia la sua forma allungata.

Un'unica soluzione appare al riguardo praticabile per la sua stringente semplicità: deformare la configurazione della palla in modo che questa non potesse più rotolare. Un rimedio del genere non avrebbe peraltro alterato la normale dinamica del lancio, poiché, come in precedenza evidenziato, la palla nella sua accelerazione lungo il canale non doveva rotolare limitandosi soltanto a strisciare su di esso. Ovviamente la suddetta deformazione non avrebbe dovuto compromettere la simmetria del proietto, causando così squilibri con conseguenze sulla traiettoria, ma solo incrementarne, e di pochissimo, la dimensione orizzontale. La palla, cioè, avrebbe dovuto assumere una forma allungata, come quella di una palla da rugby, o di più verosimilmente di una zucca. Con tale accorgimento pur continuando a mantenere inalterate le peculiarità della sfera, sia in fase di volo che d'impatto, sarebbe risultata stabile nei lanci in depressione.

E' anche probabile che in alcuni casi la sua convessità anteriore fosse completamente eliminata, o fortemente attutita, rendendola quasi piatta, in particolare se di piccolo e medio calibro, per infliggere danni maggiori alle strutture di legno. La supposizione non è affatto azzardata in quanto anche gli antichi si erano resi conto, dopo i primi tiri delle baliste, di un curioso fenomeno. La palla proprio per la sua rotondità e per la bassa velocità residua, si prestava ad essere deviata con alquanta facilità quando si abbatteva su superfici oblique, o con traiettoria obliqua, senza infliggere danni equiparabili agli impatti ortogonali. Del resto si sa con certezza di dardi per archi e balestre, impiegati nella cac-

cia, non solo privi di cuspide ma forgiati in foggia di punzone, detti a 'bolzone', capaci perciò di percuotere con violenza senza però penetrare o sfracellare il corpo della selvaggina.

44 - Pompei: impronta di proietto di balista a testa cilindrica e di calibro di circa 100 - 120 mm, impattato quasi ortogonalmente.

45 - Pompei: altra impronta analoga, di identico calibro, sempre di proietto a testa piatta. Anche questo appare diretto perpendicolarmente alle mura.

46 - Pompei: doppia impronta di due proietti di diverso calibro, ma entrambi a testa piatta. La direttrice d'impatto appare sempre perpendicolare alle mura.

Quanto esposto ci porterebbe, in definitiva, a concludere che i proietti lapidei fossero di due distinte tipologie le quali solo in prima approssimazione, e ad una distratta osservazione sembrano ostentare una sostanziale identità. Nella prima rientravano le palle propriamente dette di esatta forma sferica, nella seconda quella leggermente ovalizzate, quasi si trattasse di palle rozzamente lavorate da scalpellini improvvisati, o danneggiate da precedenti impatti, non di rado reiterati nel corso dell'assedio. Tanto i rinvenimenti archeologici, quanto le impronte degli impatti sui conci di estradosso di alcune fortificazioni, i quali saranno con maggiore attenzione esaminati più avanti, sembrano confermare puntualmente l'asserto.

Una ulteriore precisazione si impone circa il tiro in arcata effettuato con macchine di grande potenza. Il bersaglio in questo caso deve individuarsi nelle abitazioni retrostanti le mura e le suddette artiglierie si impiegavano esattamente nelle stessa modalità escogitata per i mortai, quasi due millenni dopo, e più tardi ancora per il bombardamento aereo. La loro azione si protraeva spesso per l'intera nottata, non essendo necessaria la

luce per distinguere i punti d'impatto. La massa rilevante delle palle di pietra, piombando dall'alto, riusciva a sfondare i tetti delle case provocando un terrore incontrollabile nei cittadini, privando così i difensori del necessario riposo notturno. Pur ritrovandosi nelle pagine degli storici classici memorie di proietti di enormi dimensioni, non sembra in realtà che la mole massima abbia mai superato gli 80 kg. Quanto ad alcune palle gigantesche, rinvenute nel corso di scavi ed eccedenti, non di rado, il peso di diversi quintali, non devono riguardarsi come proietti per artiglierie meccaniche. Quasi certamente furono, invece, massi da gettarsi manualmente dall'alto delle torri, sulla verticale della scarpa, da dove in seguito all'impatto rimbalzavano con angoli imprevedibili in direzione degli attaccanti con esiti micidiali. Un emblematico ritrovamento è quello di tre palle, di circa 300 kg ciascuna, ai piedi della torre Antonia a Gerusalemme, fatte precipitare dalla sommità della stessa (**22**).

Problemi tecnici

Quali che siano state le connotazioni e le caratteristiche precipue delle prime artiglierie a torsione è indubbio che nel giro di pochi decenni, superate le intuibili incertezze ed approssimazioni iniziali, definite in ogni loro dettaglio con maniacale precisione, acquisirono valenze canoniche. Da quel momento solo ponderate e sperimentate migliorie valsero a sancire l'adozione di ulteriori perfezionamenti, che in pratica si susseguirono per l'intero ciclo esistenziale di tali macchine. In ogni caso mai ne venne stravolto l'originario criterio informatore che si tramandò immutato per oltre un millennio, fino cioè alla dissoluzione dell'Impero romano d'Occidente.

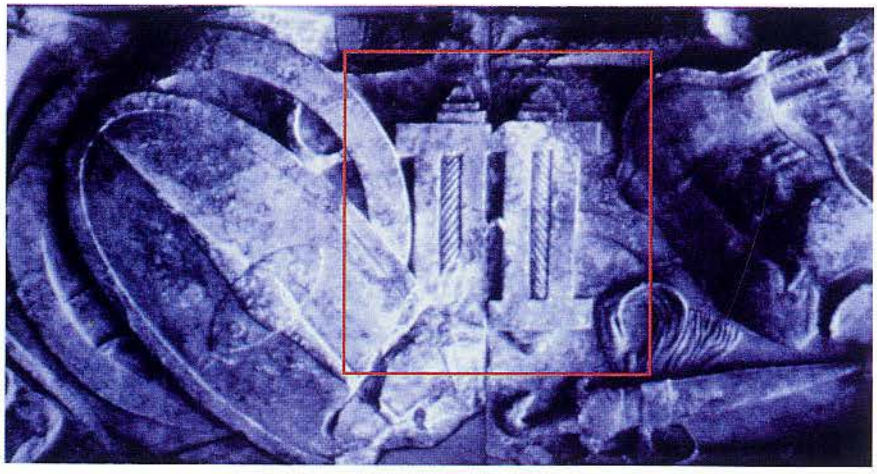
Volendo ripercorrere sia pure in maniera sintetica le fasi basilari di quel singolare itinerario evolutivo, suffragato da una rara, ma non inesistente, serie di reperti archeologici e di testimonianze iconografiche, è indispensabile prendere l'avvio proprio dalle ultime macchine a flessione. Dal punto di vista costruttivo, infatti, quelle a torsione ne conservavano, sostanzialmente immutati, il fusto, con il suo alloggiamento longitudinale a sezione trapezoidale, la slitta, che vi si incastrava con la sua parte inferiore sagomata appositamente a coda di rondine, nonché i congegni di caricamento ed i meccanismi di arresto retrogrado a doppia cremagliera e nottolini. Si trattava sempre di spesse assi, quasi certamente di legno di quercia lungamente stagionato, accuratamente lavorate e levigate per favorire lo scorrimento delle parti mobili. Analogamente immutato l'affusto a tripode, o a doppio tripode binato, con il relativo basamento, reso alquanto più solido in previsione del maggior peso della macchina. Identico infine il dispositivo di sgancio, in ferro fucinato e temprato.

Dove, invece, la costruzione diveniva del tutto diversa era, ovviamente, nell'apparato motopropulsore, costituito da una robusta intelaiatura di legno, una sorta di castello motore, all'interno della quale stavano collocate due potenti matasse elastiche. Dalla mez-

22 - Al riguardo cfr. Y. GARLAN, *Recherches...*, cit., p. 222, nota 8.

zeria del loro avvolgimento fuoriuscivano ortogonalmente due tozzi bracci i cui terminali uncinati tendevano, come i corni dell'arco, la corda arciera.

Per quanto è possibile indagare il gruppo motopropulsore fu per quasi tre secoli costruito sempre nella medesima maniera fatti salvi alcuni marginali accorgimenti migliorativi escogitati dai singoli ingegneri progettisti.



47 - Fregio di Pergamo: nel bassorilievo che rappresenta un trofeo di armi classiche, si scorge perfettamente definito un gruppo motopropulsore a due matasse per artiglieria torsione

Schematicamente risulta composto di una parte attiva, le matasse elastiche con i relativi bracci, ancoraggi e dispositivi di precarica, e di un supporto inerte costituito a sua volta dal contenitore, realizzato con diverse assi di legno, e solo dopo alcuni secoli in ferro battuto. Scendendo in dettaglio le due matasse di ciascun gruppo erano sempre scrupolosamente identiche fra loro, per materiale, forma e dimensione di qualsiasi potenza fosse stata la macchina. A mantenerle in posizione perfettamente perpendicolare rispetto al fusto, provvedeva la coppia di massicce assi orizzontali del contenitore, collocate rispettivamente una al di sotto ed una al di sopra dello stesso. Per distanziarle si ricorse ad altre quattro assi minori ad esse perpendicolari: due alle estremità e due a ridosso del centro, separate dallo spazio necessario per il passaggio del fusto.

L'insieme così ottenuto, più che un generico contenitore, potrebbe definirsi una solidissima scatola di legno parallelepipeda suddivisa in tre scomparti, dei quali il centrale destinato, oltre al passaggio anche al fissaggio, perfettamente ortogonale, del fusto, ed i laterali all'alloggiamento delle matasse. Allo scopo sulle assi orizzontali, in corrispondenza dei suddetti vani vennero praticati dei fori circolari, rispettivamente due sulla superiore e due sull'inferiore, anch'essi identici fra loro, di diametro appena maggiore di quello delle matasse a riposo.

Grazie allo scrupoloso incastro a squadro tra fusto e contenitore le braccia impegnate perpendicolarmente nelle matasse, ruotavano in un piano parallelo a quello del fusto: facile pertanto con una accorta calibrazione ricondurle alla complanarità. Il dettaglio apparentemente trascurabile si dimostra invece basilare, poiché soltanto così qualsiasi inclinazione avesse assunto l'arma non mutava la posizione relativa tra braccia e fusto, concausa di variazione di potenza nei tiri. Senza contare che tornava agevole regolare la prevalenza della corda sulla slitta in maniera talmente precisa da ridurla a pochi millime-

tri, in modo da evitare che la corda in fase di lancio potesse anche sfiorare appena il legno deteriorandosi e perdendo energia.

Queste in sintesi la concezione e le caratteristiche dello scheletro del gruppo motopropulsore, dimensionato per sopportare le fortissime sollecitazioni trasmesse dalla torsione delle matasse sui relativi ancoraggi e da questi sulle assi orizzontali.

Un'ultima osservazione riguarda la posizione del gruppo rispetto al fusto, che fu sempre in corrispondenza della sua estremità anteriore. Essendo solidale con lo stesso fungeva perciò anche da rudimentale contrappeso, riuscendo a bilanciare quasi interamente le due parti della macchina in prossimità del suo asse di basculamento. Ad ogni buon conto la collocazione appare la medesima di quella già occupata dall'arco nelle artiglierie a flessione, senza però alcuna sottoposizione.

Tutti i trattatisti, che ci hanno lasciato accurate descrizioni di artiglierie a torsione, si dilungano con estrema pedanteria a prescrivere le dimensioni tassative alle quali gli eventuali costruttori dovevano attenersi per realizzarle. In particolare quelle delle assi dei gruppi motopropulsori, risapendosi che uno scarto anche minimo ne comprometteva vistosamente le prestazioni ottimali. Diviene pertanto ozioso riproporre quegli aridi tabulati, sostanzialmente equivalenti fra loro. Interessante, se mai, fornirne un sintetico ragguaglio circa il criterio adottato per il dimensionamento di un modello standard di macchina, di ampia e sperimentata funzionalità. Quanto alla modalità inventiva e deduttiva dei dati stessi deve intendersi alle spalle di tutte le consimili progettazioni, con minimi scarti geometrici.

Problemi matematici

Il primo problema che i progettisti di catapulte a torsione dovettero risolvere per pervenire a valori stabili ed estremi per gli apparati motopropulsori delle loro macchine fu quale rapporto dovessero adottare fra il diametro delle matasse elastiche e la lunghezza. Sapevano, sia pur empiricamente, che: "...se le corde erano troppo corte, sviluppavano un elevato attrito interno e potevano non avere un allungamento elastico sufficiente per evitare la rottura quando i bracci dell'arco venivano tirati indietro. Se erano troppo lunghe, una parte della loro elasticità rimaneva inutilizzata pur tirando i bracci all'indietro nei limiti consentiti dalla struttura della macchina. Tutte le descrizioni di catapulte che si sono conservate fanno pensare che in realtà venisse raggiunta una configurazione cilindrica ottimale e che da essa non ci si allontanasse tranne che in circostanze particolari, come nel caso delle macchine esclusivamente a breve gittata costruite da Archimede.

Questa ottimizzazione del fascio di corde fu raggiunta attorno al 270 a.C. forse dal gruppo di ingegneri greci che lavoravano per la dinastia tolemaica in Egitto... I risultati furono compendiati in due formule. Per la catapulta a frecce il diametro del fascio di corde fu stabilito semplicemente in 1/9 della lunghezza della freccia. La formula più complessa, di una catapulta lanciasassi stabiliva, in termini moderni, che il diametro del fascio di corde in dita (un dito vale press'a poco 19.8 millimetri) è uguale a 1.1 volte la radice

cubica di 100 volte il peso della palla in mine (una mina è pari a 437 grammi circa)."(**23**)

Già da queste brevi indicazioni emerge con chiarezza la straordinaria modernità della catapulta a torsione rispetto a quella a flessione. Come pure la molteplicità dei problemi connessi al suo dimensionamento ottimale. Tanto per esemplificare, i tecnici dell'epoca, anche quando di eccezionale cultura, non erano ancora in grado di saper estrarre la radice cubica: la difficoltà tuttavia non li fermò. Aggirarono l'ostacolo escogitando una apposita procedura geometrica e per renderla poi d'immediato impiego inventarono una sorta di calcolatore analogico. Ma ciò che più stupisce, al di là della facile constatazione del principio di funzionamento delle matasse elastiche è la difficoltà di valutarne esattamente il comportamento meccanico per desumerne le prestazioni limite. In pratica quegli antichi ingegneri: "...dovevano a tal fine massimizzare l'energia cinetica dei loro proietti, e quindi l'energia potenziale immagazzinata nelle molle a torsione. La moderna teoria dell'elasticità applicata al disegno di quelle molle ci dice che l'energia immagazzinata disponibile per il lancio sarà proporzionale alla quantità della tensione iniziale data al fascio nel suo montaggio nella catapulta più la tensione addizionale causata dal preattorcigliamento del fascio, al quadrato dell'angolo indicante l'ulteriore attorcigliamento conferito tirando all'indietro il braccio dell'arco e al cubo del diametro della sezione del fascio. L'elevazione al cubo del diametro del fascio significa che, per esprimere il diametro del fascio elastico nei termini della massa del proietto si doveva estrarre la radice cubica. Si osservi che per arrivare a questo risultato, si devono usare i concetti dell'energia cinetica e potenziale, i quali non furono combinati in una relazione significativa fino al Settecento, ossia fino all'opera di Eulero e Daniel Bernoulli. Si richiede inoltre la teoria dell'elasticità, la quale era stata iniziata circa mezzo secolo prima da Hooke e da Robert Boyle. Si devono impiegare inoltre i principi della balistica, i quali non furono chiariti sino all'opera di Bonaventura Cavalieri e di Galileo Galilei, nella prima metà del Seicento. Che gli antichi ingegneri delle catapulte riuscissero a pervenire a una formula che conserva la sua validità anche alla luce di questi sviluppi molto posteriori è un fatto davvero impressionante..."(**24**).

Sempre per esemplificare circa quest'ultima complessità del loro compito, va osservato che: "...se i bracci dell'arco erano troppo corti, la forza richiesta per il caricamento poteva essere eccessiva, lo spostamento della corda dell'arco troppo piccolo e le sue capacità di trasferimento di energia potevano risultarne diminuite. Se i bracci dell'arco erano troppo lunghi, ritardavano l'azione delle molle a causa della loro massa eccessiva, oppure rendevano la macchina troppo ingombrante. Stabilita la lunghezza dei bracci dell'arco si potevano determinare la lunghezza della slitta e del fusto, e così via per il resto della macchina..."(**25**).

Per quanto stupefacente possa apparire la sequenza di calcolo e quella deduttiva esposta risulta senza dubbio più enigmatico come quei tecnici riuscissero a pervenire a tali

---

23 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche catapulte*, in *Le Scienze*, n° 129, maggio 1979, p. 94.

24 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 95.

25 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 95.

dati. L'unica spiegazione plausibile consiste in una serie alquanto nutrita di prove pratiche, di verifiche sperimentali, dalle quali, di volta in volta, venivano estrapolati i parametri fondamentali. Si spiega così il perché dell'insistenza nell'introduzione dell'opera di Filone *Belopoeika* circa l'origine sperimentale e personalmente riscontrata dei congegni descritti e delle loro dimensioni. Pertanto quel suo: "...trattato sulle macchine da lancio acquista una grande importanza, nel senso che ci fa percepire in modo più diretto il modo di lavorare di questi meccanici. Gli autori precedenti, annota Filone (e questo dimostra che vi erano stati dei trattati prima del suo), differivano dalla sua valutazione dei principi essenziali, in particolare sulla maniera di stabilire le proporzioni dei dettagli. Per Filone bisogna partire da un modulo e costruire le macchine secondo proporzioni rigidamente definite. Questo modulo, il *tònos,* è dato dal diametro del fascio di fibre che costituisce la molla dell'arma. E' naturalmente proporzionale al peso del proiettile: la radice cubica del peso in dracme del proiettile aumentata di un decimo, rappresenta il numero di dita del diametro del fascio di fibre. Questo decimo supplementare rappresentava l'approssimazione della radice cubica. La formula era dunque la seguente:

$$d=1.1\sqrt[3]{p}$$

Si era arrivati a questo punto certo per tentativi e redigendo delle tabelle di cui Filone ci fornisce gli esempi, probabilmente i più comuni. Il problema era anche, ma Filone non ne accenna, il calibrare i proiettili. Da questo modulo si dovevano dedurre le dimensioni della varie parti della macchina, il tamburo, lo spessore del mozzo, la trave da lancio, il supporto, i bracci, la lunghezza delle molle, che doveva essere doppia rispetto a quella dei bracci..."(**26**).

Ovviamente dopo tante osservazioni il dimensionamento ottimale delle matasse elastiche fu conseguito e riscontrato, ed a quel punto divenne altrettanto importante trovare le dimensioni relative ideali di ciascuna parte e di ogni componente delle artiglierie a torsione. Si sarebbero così potute correlarle tutte ad unica unità di misura oggettiva, il più volte menzionato modulo, che nella fattispecie sarebbe equivalso al diametro della matassa.

Il procedimento sembra già perfettamente descritto dallo stesso Filone, che forniva: "...anche le diverse proporzioni applicabili. Per ottenere certe dimensioni, ci si serviva della duplicazione del cubo secondo un metodo conosciuto, certo, ma che i nostri meccanici hanno piacere di riprendere..."(**27**).

Circa quel misterioso sistema, è interessante fornirne, se non altro per comprendere più accuratamente le difficoltà che la progettazione di macchine tanto complesse comportava, alcuni ragguagli storici risalenti a Eratostene e narrati da Teone di Smirne. Stando alle sue indicazioni, infatti: "...Eratostene aveva raccontato di un oracolo, che aveva imposto agli abitanti di Delo di raddoppiare l'altare di forma cubica, dedicato al

---

26 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 187.

27 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 187.

dio. Il quesito aveva generato aporia negli 'architetti', che ne avevano cercata la soluzione, sicché i Deli avevano cercato consiglio presso Platone, che aveva interpretato l'oracolo come un rimprovero del dio agli Elleni di trascurare la geometria e un invito ad occuparsene, non tanto come un'espressione del desiderio del dio di avere un altare doppio... E' possibile che, riflettendo su queste impostazioni, Archimede potesse giungere all'idea di utilizzare nozioni e procedure meccaniche per investigare problemi geometrici... Non a caso destinatario dello scritto sul *Metodo* è proprio quell'Eratostene, che così altamente apprezzava l'impiego non solo di nozioni, ma addirittura di strumenti meccanici per la soluzione del problema della duplicazione del cubo. E' verosimile che Archimede sapesse di poter trovare in Eratostene un interlocutore capace di apprezzare i suoi tentativi di introdurre procedure meccaniche nell'indagine geometrica. C'è inoltre un secondo aspetto della questione, che merita di essere sottolineato. Nell'epistola a Tolomeo, Eratostene indica tra i pregi del congegno da lui escogitato quello di consentire il reperimento non soltanto di due medie proporzionali, ma di quante si voglia, sicché tale congegno si dimostra particolarmente utile per la costruzione di macchine belliche per lanciare proiettili. Eratostene allude qui a un problema tipico della meccanica costruttiva: com'è possibile variare in scala il modello di un congegno, ossia accrescerne o diminuirne le dimensioni e quindi la portata di lancio, conservandone immutata la configurazione? Autori di trattati sulle macchine per lanciare proiettili, come Filone di Bisanzio o Erone, affermano esplicitamente che, grazie alla soluzione del problema della duplicazione del cubo, è possibile partendo da un dato diametro, costruire i diametri rimanenti di tali macchine. Agli occhi degli antichi, la soluzione del problema di Delo appariva dunque rilevante anche per la meccanica, in particolare per usi bellici. Forse entro questo quadro va inscritta anche la figura di un Archita meccanico, offertaci dalla tradizione... Non abbiamo notizie di macchine militari costruite da Archita, ma che i problemi tecnici posti da esse potessero averlo interessato può essere inferito anche dalla sua attenzione verso il problema della ricerca di due medie proporzionali per risolvere il problema della duplicazione del cubo... riconosciuta essenziale per la costruzione di macchine da lancio da parte degli autori di trattati di poliorcetica..."(**28**).

Pertanto, tornando a Filone, è indubbio che: "...con tali metodi si potevano ingrandire o rimpicciolire le macchine esistenti. Questa razionalità nella costruzione delle macchine da guerra non era d'altronde un qualcosa di nuovo al tempo di Filone: «Nessuno ha osato allontanarsi dal formulario», nota il nostro autore. Certo non si tratta ancora di una tecnologia razionalmente fondata su spiegazioni scientifiche, ma il fatto di osservazioni ripetute, ordinate e disposte in tabelle, era nuovo: gli uomini della fine del medioevo e del rinascimento non faranno diversamente. Le riflessioni di Filone sono particolarmente interessanti a proposito di una tecnica che si vuole più razionale ma che manca ancora dei dati scientifici necessari. Solo l'esperto, forte delle sue conoscenze specifiche, può raggiungere il suo obiettivo. ma ciò può essere solo il frutto del caso.

E'accaduto che molti esperti, dopo aver costruito macchine di dimensioni eguali e di

---

28 - Da G. CAMBIANO, *Alle origini della meccanica: Archimede e Archita*, in *Arachnion* n° 2. 1, May 1996 home page.

composizione identica a quelle adottate dagli antichi, una volta messi in opera pezzi di legno simili, di eguale peso, siano giunti, sia pure con cariche di differente peso, a dare a tali macchine grandissime gittate, a far produrre loro notevolissimi effetti, in una parola a dotarle di una potenza superiore a quella di tutte le macchine precedenti. Tuttavia, se si chiedeva come si fossero potuti ottenere tali risultati, risultava impossibile fornire le ragioni...

Il sentimento più profondo di Filone era che la tecnica non poteva più essere aleatoria... [Egli] annota assai giustamente che quest'arte delle macchine è complicata quando entrano in gioco tante condizioni necessarie. «E' ciò che avviene nella pratica della nostra arte quando sono necessari numerosi calcoli per arrivare al compimento, all'esecuzione perfetta di un lavoro. La più piccola imperfezione nell'esecuzione di un dettaglio è sufficiente per determinare errori notevoli nel risultato finale»... Filone insiste principalmente sulla balista, *l'ossibile*, cioè a proiettili a punta, tesa per mezzo di cunei. Si tratta di una macchina di sua invenzione [relativamente al modello da lui esposto n.d.A.]. Il meccanismo è descritto in maniera confusa e nei manoscritti mancano le figure di riferimento. L'autore sottolinea a questo proposito che le macchine antiche erano «difficili da manovrare e costose, di scarsa efficacia e non in grado di sostenere una tensione prolungata». La nuova macchina aveva una notevole gittata, era facile da costruire e da smontare, molto meno costosa. Rapidità di montaggio e costo, che dovevano certo influire nella scelta di una macchina, sono qui nominati per la prima volta. L'autore insiste anche sulla qualità dei materiali. Le molle dovevano essere fatte di metallo di «assoluta purezza». Non dovevano essere forgiate, ma battute a freddo, in modo che la superficie indurisse e l'interno rimanesse elastico. Veniva dunque impiegato del metallo e non si trattava più soltanto di macchine basate sull'uso di corde elastiche..."(29).

Caratteristiche generali

Superate, sempre sperimentalmente, le difficoltà valutative acquisiti stabilmente i parametri dimensionali in funzione del modulo, gli ingegneri delle catapulte redassero i loro trattati, con esplicito intento didattico. Negli stessi, infatti, fornivano tutte le possibili e dettagliate informazioni tecniche oltre che sugli elementi strutturali di tali armi anche sulla loro componentistica accessoria. In pratica stabilito il peso della palla da scagliare o la lunghezza del dardo, ricavatone in entrambi i casi il diametro delle matasse in base alle tabelle dei trattati si sarebbero potute costruire macchine di qualsiasi dimensione. Va però osservato che i primi dubbi su tale semplicistica ipotesi si possono già leggere nelle pagine di Vitruvio, il quale nel suo celebre decimo libro al capitolo 22, affermava esplicitamente, non essere affatto vero che ingrandendo o riducendo un determinato modello la relativa funzionalità sarebbe rimasta immutata. Allo scopo forniva anche un preciso esempio: si sarebbe potuto certamente costruire un trapano in grado di eseguire un foro di un dito, di un dito e mezzo, di due dita di diametro, accrescendo ogni volta le dimen-

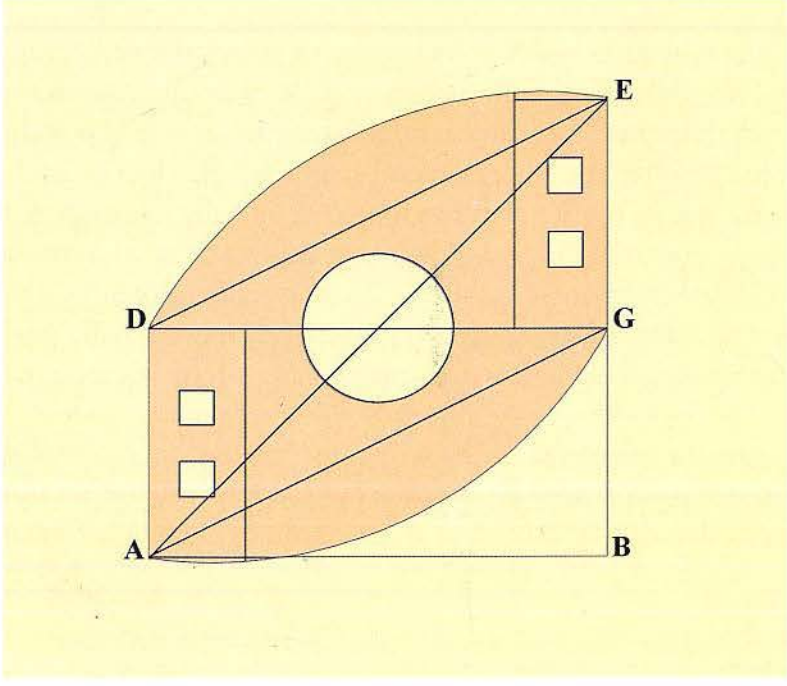
29 - Da B. GILLE, *Storia*..., cit., p. 188.

sioni proporzionatamente. Ma per un foro di un palmo la realizzazione sarebbe già risultata estremamente improba, nonostante l'impiego della medesima accortezza. Al di sopra di un piede sarebbe riuscito impossibile del tutto. Per cui, concludeva saggiamente, in alcuni modelli piccoli si osserva un perfetto funzionamento, ma ciò non significa affatto che si possano ingrandire indeterminatamente conservando la stessa validità, ad onta di qualsiasi accuratezza si riservi alla loro costruzione! Il criterio, pertanto, sembrerebbe di capire è senza dubbio rispondente ma soltanto all'interno di una limitata escursione volumetrica, quindi solo per modeste variazioni per le quali si può procedere assumendo come unità di misura la grandezza della palla da scagliare.

In termini matematici il diametro del proietto diveniva la variabile indipendente dalla quale derivavano, come altrettante variabili dipendenti, tutte le dimensioni della macchina secondo una rigidissima funzione, spinta ad un livello di razionalità talmente stringente da non essere più superato fino alla Rivoluzione Industriale.

A questo punto diviene interessante fornire un significativo esempio di come avvenisse concretamente quanto delineato. Allo scopo prendiamo in esame il dimensionamento delle assi orizzontali e verticali costituenti lo scheletro dell'accumulatore energetico, in precedenza appena accennato.

Le quote del pannello di ancoraggio delle matasse, che: "...costituiva il pezzo superiore di uno degli alloggiamenti delle molle di torsione in una grande catapulta per il lancio di pietre venivano specificate dai progettisti in funzione delle dimensioni dei lati verticali dell'alloggiamento, i quali erano determinati a loro volta dal diametro del fascio di corde che formavano la molla di torsione. Lo spessore del pannello superiore non si conosce con sicurezza, ma probabilmente esso era press'a poco uguale al diametro del fascio di corde. Pare che i costruttori di catapulte procedessero disegnando dapprima un rettangolo con un lato uguale alla profondità dell'elemento verticale dell'alloggiamento e l'altro lato press'a poco doppio.



48 - Sistema grafico per il dimensionamento di un pannello per matasse a torsione di una grande balista, partendo dal diametro del fascio di corde che a sua volta era funzione della grandezza della palla da scagliare per la quale si progettava la macchina.

Tracciavano poi la diagonale del rettangolo, da A a G e a partire da D tracciavano una linea parallela alla diagonale. La linea BG veniva poi estesa fino ad intercettare la parallela D nel punto E. Determinato in tal modo il punto centrale del parallelogramma ADEG, con centro in tale punto veniva tracciato un cerchio di diametro uguale a quello del fascio di corde. (Nel pezzo finito, il cerchio delimitava in effetti un foro che alloggiava il fascio di corde.). Venivano poi tracciati gli archi DE e AG, di raggio pari a tre volte il diametro del fascio di corde. Infine le mortase per i tenoni venivano centrate in modo appropriato nei due lati rettilinei del pezzo e scavate in esso per una profondità pari a due terzi del suo spessore. Gli ingegneri avevano portato i loro procedimenti di progettazione al punto da includere nelle loro istruzioni per la costruzione di catapulte metodi di trasformazione automatica della scala. Una volta scelto il sito e la destinazione dell'arma, si poteva stabilire la grandezza dei proiettili che si volevano lanciare. Una volta specificato questo elemento, la formula della catapulta forniva le dimensioni del fascio di torsione di cui c'era bisogno. Conoscendo il diametro del fascio, i manuali di costruzione, che si avvalevano dei risultati di decenni di sperimentazione, fornivano le dimensioni delle parti principali della macchina in multipli del diametro del fascio di corde. Nella costruzione reale le parti critiche della struttura in legno venivano rinforzate con elementi di ferro."(**30**).

La descrizione citata è relativa ad una balista i cui dati esecutivi ci sono stati tramandati da Vitruvio nel suo famoso, e fumoso, X libro. E' possibile, pertanto, sulla falsariga della spiegazione interpretare meglio la trattazione del celebre ingegnere avvalendoci ancora una volta della traduzione rinascimentale:

> *"Al presente exponerrò come si possano fare, con bone ragioni e misure, quelli instrumenti li quali sono stati trovati per aiuto delli pericoli e per la necessità de la salute, come son scorpioni over balestre, catapulte cioè da banco, et in strumento di gettare calotte di piombo e baliste overo briccole e trabocchi et instrumento da gettar ogni gran saxo in perizie delli nimici, e prima delle catapulte e scorpioni. Adunque havendo noi pensato la proporzione e la ragione di questi instrumenti, lo faremo secondo la longhezza proposta e deliberata di fare la saetta, la qual questo istrumento ha da mandare e tirrarre o trare. Della nona parte di questa longhezza si faccino li fori li quali sono nelli capitelli, cioè nella parte di sopra, per li quali se tirranno nervi torti, li quali contengono le braccia della catapulta. L'altezza e la larghezza del capitello di questi fori si facci così. Le tavole, le quali vanno in sommo et in imo di questo capitello, le quale si chiamano parallele, si faccino della grossezza d'un foro, e la larghezza d'un foro e d'una nona parte di quello, nelle parte extreme d'uno foro e mezzo. Le parastatte, nelle parte estreme d'un foro e mezzo. Le parastatte a dextra et a sinistra, levandone li cardini, siano alte quattro fori e grossi cinque, li cardini over coniecture siano d'un foro e mezzo, dal foro fino alla parastatta di mezzo anchora sia un foro e mezzo, la larghezza di essa parastatica di mezzo*

---

30 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 89.

sia di doi fori e mezzo, l'intervallo dove si mette la saetta in mezzo della parastatica, over teniero, sia la quarta parte d'un foro, la grossezza d'essa parastatica sia di un foro e mezzo. Li quatro angoli over cantoni, li quali sono intorno et in li lati et in nelle fronti, si confermino bene con lame di ferro over piastre, over stili e chiodi o perni di ramo che non si aruginiscono.

La larghezza di quello canalicolo, che in greco si chiama strix, *sia di dicinove fora; li regoli, li quali si mettano a destra e sinistra di esso canale, li quali regoli li chiamno buccole, siano di longhezza di uno, cioè per ogni verso d'un foro. Anchora se l'inchiodino due regoli in li quali si metta la succula, la quale è longa tre fori e la larghezza di mezzo foro; la grossezza della succula, che d'alcuni si chiama camillo, cioè seno o come alcuni altri loculamento, la qual se inchioda qui, sia incastrata con incastratura in forma di una scura over acetta, o volem dir coda di rondela fixa nelli cardini, d'un foro, l'altezza di mezzo foro. La longhezza della succula sia di nove fori e mezzo, la grossezza di dodici. La chelo over manuglia di longhezza di tre fori, la larghezza e grossezza d'uno e mezzo. La longhezza del canal dal fondo di sedici fori, la grossezza di uno la larghezza di uno e mezzo.*

La colonnetta e la basa nel suolo, over da piede, sia di otto fori, la larghezza nella plintide, in la qual si ferma la colonnella, sia d'un foro e mezzo, la grossezza di uno et un quarto. La longhezza della colonna, perfino al cardine sia di dodici fori, la larghezza di uno e mezzo, la grossezza di uno et un nono. Li suoi tre caprioli, la longhezza delli quali siano di nove fori, la larghezza di mezzo, la grossezza, d'un quarto. La longhezza del cardine di un foro. La longhezza del capitello della colonna antefixa era uno e mezzo et un terzo, la larghezza di uno foro, la grossezza di mezzo foro. La posteriore colonna è minore, la qual in greco si chiama contra basa, *si fa alta otto fori, larga uno e mezzo, grossa uno et un quarto. Quella che si mette di sotto si fa di dodici fori, la grossezza altrattanto. Come la minor colonna: sopra la minor colonna si mette el chelonio, over pulvino, di dui fori e mezzo, di larghezza di uno e mezzo, di grossezza di uno et un quarto; el carchesio: grossezza delle sucule di dui fori e mezzo, la grossezza di uno mezzo foro, la larghezza d'un terzo. Li traversarii con li suoi cardini longhi dieci fori, la larghezza d'un foro e mezzo e la gorssezza altratanto. La longhezza della braccia sette fori, la grossezza dalla radice, fino in summo, di due fori e mezzo. Le curvature di otto fori.*

Questi instrumenti si fanno con queste proporzioni over misure, o adiectioni et actrationi, cioè agiungimenti et acrescimenti, perché se l'altezza delli capitelli fossero più che la larghezza, quelli che si chimano anatonii si levariano e torrian via dalla proporzion delle braccia, perché quanto sarrà più molle e lento el tono, per l'altezza del capitello la brevità e la cortezza delle braccia faccia più veemente plaga over passata e botta. S'el capitello sarrà manco alto, qual si chiama catatono, per la vehementia, le braccia si farran un poco più longhe,

acioché si tirino più facilmente; perché come el palo, over leva, quando ha di lunghezza di quatro piedi, a levare un peso li bisogna cinque homini, si è di otto basta doi; così le braccia di questo in strumento quanto son più longhe più facilmente si tirrano e carcano, quanto più breve e corti con più fatiga.

Ho dicto le ragioni delle catapulte e con che membri si compongono e proporzioni. Resta a dir le ragioni e vie da far le baliste, le quali si fano variamente, ma tutte tendano e vanno ad uno effecto. Perché altamente si tirrano che una machina si tira con stanghette, un'altra con sicule over mulinelli, alcune con molte girelle, alcune con argani, alcuni per via di timpani over grandi rote che si volgono. Ma però niuna se ne fa se prima non si vede che saxo ha da trare; non è adunque facile ad ognuno farle, se non a quelli che hanno note le pratiche delli numeri e della geometria.

Perché si fa in capo di quelle fori, per li quali si tirrano fune facte o di capelli di donne o di nervi torti, tante grosse che possino sostenere il peso del saxo che si ha da gettare con l'instrumento, come si è dicto nelle catapulte della lunghezza della saetta. Per la qual cosa acioché anchora quelli che non hano peritia e notizia di numero e di geometria le possino expeditamente fare, né s'implichino in pensare venendo el bisogno, sporrò come io le ho facte et in che modi li pesi e le misure delli Greci possino rispondere con li nostri.

Perché quella balista che ha da gettare uno saxo di dui pesi bisogna che habbino el foro del capitello di cinque dita largo per diametro; se di quatro pesi el foro sia di sei dita; se di sei pesi di septe dita sia el foro; se di dieci pesi el foro sia di otto dita; se di vinti pesi el foro sia di dieci dita; se di quaranta pesi el foro sia di dodici dita e mezo; si di sexanta pesi el foro sia di tredici dita et uno ottavo; se di ottanta pesi el foro sia di quindici dita; se di centovinti pesi el foro sia di vinti dita e mezzo; se di centosexanta pesi el foro sia di piedi doi e cinque dita; se di doicento pesi el foro sia di dui piedi e sei dita; se di doicento e diece pesi el foro sia di doi piedi e septe dita; se di [doi]centocinquanta pesi el foro sia di piedi tre e mezzo.

Essendo adunque costituita la grandezza del foro, discrivasi e disegnasi la scutula over la scudella, la quale in greco si chiama peritrito, *la lunghezza della quale sia di piedi tre e mezzo, la lunghezza di doi e uno sexto; dividasi per mezzo le discripte e disegnate linie e, quando sarran divise, se stringano le parte estreme di quella forma, aciochè habbia la deformazione obliqua e torta una sesta parte della sua lunghezza, larghezza, dov'è la sua vergatura over gobba e rivolta, d'una quarta parte; el foro sia di tanto più lunghezza quanto è la grossezza del sopraiugo. Quando sarrà deformata e facta questa cosa, si divida intorno la estrema parte aciochè habbia la curvatura dolcemente voltata; la grossezza sua sia di mezzo piede; apresso questo si lochino dui modaioli, alti dui piedi e mezo, larghi e grossi uno piede e mezzo, senza la parte ch'en-*

tra nel foro, qual è di mezzo piedo, all'extremo la larghezza sia d'un quarto di piede, la lunghezza della parastatte siano di cinque piedi, la grossezza di uno piede e mezzo, la curvatura di mezzo piede; aggiongasi alla larghezza di mezzo quanto è presso al foro, facto in la discriptione e designazione, di larghezza e grossezza di cinque piedi, l'altezza di quatro. La lunghezza del regolo, el quale si mette in la mensa, sia di otto piedi, la larghezza e grossezza di mezzo piede, in la curvatura del regolo un piede e mezzo, le parti esteriori del regolo e la larghezza e la grossezza sia altratanto, la lunghezza quanto darrà di versura e rivolta la forma e la larghezza della parastatta con la sua curvatura. Le parti superiori del regolo siano equale alle inferiori; li traversarii della mensa siano di dui piedi, li scapi della scaletta siano longhi tredici piedi, grossi dui; l'intervallo di mezzo largo un piede et un quarto, la grossezza del scalino d'una ottava parte d'uno piede. La parte superiore della scaletta, la quale è congiunta con la mensa, si divide in cinque parti, e di esse se ne diano due parti a quello che li Greci lo chiamano chielo; *la larghezza d'un piede e mezzo, la lunghezza di tre e mezzo; el sporto in fora della corda che si [ha] da'l chelo over braccio, sia di mezzo piede. El plinto overo quadro di sopra sia d'un piede et un quarto grosso, quello che è apresso alli axi, qual si chiama la fronte transversaria, sia di tre piedi; l'interiori regoli siano larghi un piede, grossi mezzo; el suplimento delle chelone over braccio, qual è 'l coperchio della scutella, se includa nel scapo della scalecta e'l sia largo mezzo piede, grosso altratanto; e la grossezza del quadrecto che è presso alla scaletta, sia di mezzo piede; e'l diametro dello axo rotondo sia equale con la chele; ma apresso alli clavicoli sia una sexta decima parte meno. La lunghezza dello detto anteridi cioè contrafforte, sia di quatro piedi, la larghezza nell'ima parte di uno piede e mezzo, la grossezza nella superior parte di mezzo piede. La lunghezza della basa, che in greco si chiama* escara *cioè graticola, sia di nove piede; la contrabasa di quatro piedi e mezzo, la grossezza e larghezza di l'uno e l'altra sia di dui piedi e mezzo, la quale si compone di mezza altezza de la colonna, la grossezza e larghezza della quale sia d'un piede e mezzo. Ma l'altezza si fa a proporzion del foro, perché è necessario all'uso delle braccia, li quali siano longhi sei piedi, grossi in la radice et estremità due piedi e mezzo.*

Io ho esposto le simmetrie delle baliste e catapulte, le quali mi parsalo expedite; et in che modo si tirino e temperino con corde ben torte, o di nerbo o di capelli, quanto, potrò con scriptura non pretemetterò di dire."(**31**)

---

31 - Il brano relativo a parte del X libro è tratto da V. FONTANA, P. MORACHIELLLO (a cura di), *Vitruvio e Raffaello. Il* 'De Architettura' *di Vitruvio nella traduzione inedita di Fabio Calvo Ravennate*, Roma 1975, pp. 388-394.

L'ancoraggio delle matasse

In precedenza descrivendo per grandi linee il gruppo motopropulsore delle artiglierie a torsione ne abbiamo evidenziato la sua compartimentazione scatolata realizzata con massicce assi di legno. Prescindendo dal dimensionamento in moduli, le misure del gruppo destinato al modello di catapulta più usuale, quella definita da tre cubiti, possono fissarsi per le due assi orizzontali in poco meno di 1 m di lunghezza, con una larghezza di circa 30 cm ed uno spessore di una decina. Le quattro verticali, a loro volta, si attestavano su di una lunghezza di 50 cm per una larghezza di 25 cm con spessore immutato. Di queste ultime la coppia esterna presentava, nella parte posteriore, un incavo mediano semicircolare, di circa 15 cm di diametro: serviva ad evitare che le braccia, al termine della violenta corsa di ritorno, vincendo la resistenza della corda andassero a cozzarvi contro, danneggiandole e danneggiandosi gravemente. Quanto alla coppia di assi mediane, appena più strette delle precedenti, oltre ad irrigidire l'intera struttura, fungevano da solido raccordo con il fusto, che attraversava il gruppo aderendovi contro.

Nel corso della lunga evoluzione delle catapulte a torsione fu proprio a carico del gruppo, vero motore dell'intera macchina, che si apportarono numerosi e consistenti perfezionamenti, strutturali e funzionali. Dapprima marginali quindi via via più complessi e stravolgenti culminarono con la rielaborazione realizzata dai tecnici romani delle legioni. Questi non solo adottarono l'ossatura in ferro, già inventata da Erone, ma la modificarono ulteriormente introducendo i cilindri di bronzo per la protezione delle matasse, più raramente di ferro nel caso di artiglierie statiche. Introdussero ancora, sistematicamente, una o due ruote ad arpioni sul verricello posteriore e, molto probabilmente, ne munirono di altre quattro, identiche fra loro, gli ancoraggi delle matasse. Tali migliorie, oltre a rendere le artiglierie a torsione meno vulnerabili all'umidità, semplificarono ed automatizzarono il procedimento di precarica e di equiparazione del loro gruppo motopropulsore.

Di certo comunque fossero originariamente strutturati i gruppi motopropulsori, le due assi orizzontali in breve vennero sostituite da un aggregato di più pezzi. Il loro assemblaggio si conseguì tramite incastri con mortase, tenoni e cunei di bloccaggio. La scelta, che non mutava minimamente la concezione funzionale, rappresenta una implicita testimonianza del rapido incrementarsi delle energie potenziali. In altre parole si impose per adeguare la solidità della scatola alle rilevanti sollecitazioni impresse dagli ancoraggi delle matasse, posizionati sull'estradosso delle assi orizzontali. E proprio per consentire tale esigenza le stesse assi, come ricordato, disponevano ciascuna di una coppia di fori di diametro appena eccedente quello delle matasse.

Paradossalmente, sebbene a prima vista fissare le matasse in maniera razionale possa sembrare di estrema facilità, in realtà rappresentò un problema di notevole complessità e delicatezza, non a torto fra i maggiori dell'intera macchina. Ancorare le matasse, infatti, significava non tanto sopportarne l'enorme trazione che scaturiva dalla loro torsione e tendeva a schiantare la scatola: allo scopo bastava incrementare la sua resistenza passiva con spessori di legno maggiori. Significava, in realtà, soprattutto conservare, nonostante la rilevanza delle forze in gioco, la possibilità di imprimere alle stesse, in qualsiasi, momento una

ulteriore rotazione, vuoi per compensarne la perdita di tensione, vuoi per equipararla. La soluzione per antonomasia avrebbe richiesto delle apposite boccole, o bronzine, unici supporti meccanici in grado di sostenere grandi carichi senza intollerabili attriti. Al contempo, però, sarebbe occorso munirle di un sistema d'arresto semplice, affidabile, solido e reversibile, per bloccarle al termine della rotazione, senza che venisse divelto dalla fortissima coppia generatasi. Tenendo presente l'epoca nella quale si colloca la vicenda è assolutamente impensabile che si sia pervenuti direttamente alla elaborazione di siffatti elementi, evitando di attraversare una esasperante trafila di dispositivi intermedi, soltanto parzialmente validi, o comunque scartati perché di effimera durata. Interessante pertanto, tentare di ripercorre a ritroso quel singolare processo, basandoci almeno inizialmente sull'interpretazione dei testi, e solo in un secondo momento su quella dei reperti archeologici.

L'evoluzione degli ancoraggi

Ricordando lo spunto inventivo fornito dall'osservazione della sega a telaio per l'invenzione degli accumulatori a torsione, è molto probabile che l'arcaica rudimentale soluzione per mettere in torsione le matasse, consistesse in quattro sbarrette di ferro. In pratica realizzate due matasse identiche, se ne facevano passare le estremità attraverso i fori delle assi orizzontali, assicurandosi che ne fuoriuscissero per l'intero spessore, formando così una sorta di due **U** rovesciate rispettivamente con la convessità verso l'alto e verso il basso. Inserendo nelle due opposte concavità di ciascuna matassa una coppia di sbarrette, cioè una al di sopra dell'asse superiore ed una al di sotto di quella inferiore, si fissavano le stesse alla struttura. Per evitare di danneggiarne le fibre si badò che le sbarrette avessero gli spigoli, intorno ai quali giravano le matasse, tondi, e piatta la parte destinata a poggiare sul legno, per ridurne la pressione. Ovviamente al centro di ogni matassa si inseriva il relativo braccio, prima di avviarne le carica.

Agendo dapprima con le mani, quindi con una semplice chiave, in pratica un grosso piede di porco, si mettevano in rotazione le sbarrette continuando fino a quando se ne reputava attinta la massima torsione. A quel punto si bloccavano infilando dei grossi perni nell'asse di legno. Nel frattempo le braccia, arrestatesi sin dal primo giro contro il settore verticale, avevano impedito che la rotazione si comunicasse anche alla parte sottostante delle matasse, obbligando a ripetere anche per quelle la medesima operazione, badando però che la rotazione avesse il numero di giri uguale ed il verso contrario. Al termine con un altra coppia di perni si fissava pure la sbarretta inferiore.

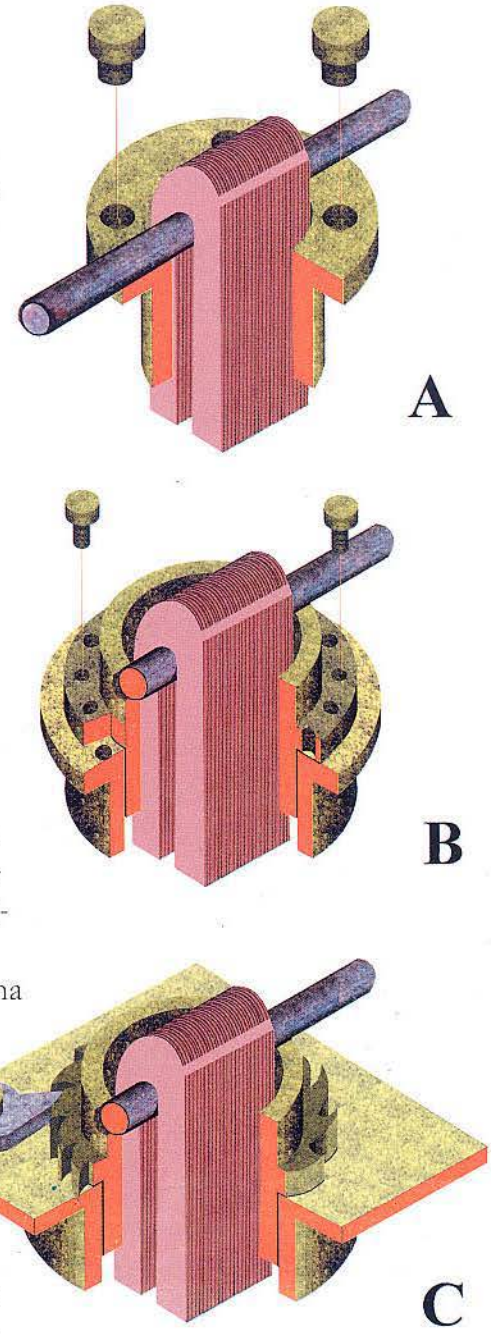
E' alquanto probabile che per agevolare quella delicata e faticosa procedura si pensò ben presto di sostituire le sbarrette, senza mutarne la sezione e la lunghezza, con altre internamente cave, simili cioè a delle canne di metallo. Molto più facile, allora, inserendovi dentro un lungo tondino di ferro porle in rotazione.

Per rendere costanti le prestazioni dell'arma occorreva che la tensione delle sue matasse non subisse scadimenti, evenienza che invece si manifestava inesorabilmente, giorno dopo giorno per l'allungamento irreversibile delle fibre. Indispensabile allora procedere ad un ulteriore attorcigliamento impartendo alle stesse altri giri. Il che si attuava estraendo i perni di bloccaggio delle sbarrette e facendole ruotare di alcune decine di

gradi, fino a raggiungere ancora la massima tensione, dopo di che si bloccavano nuovamente con i perni, inseriti però in un'altra posizione. Stando alle fonti la descritta sequenza si reiterava numerose volte prima che la matassa fosse sostituita, procedura quest'ultima compiuta tantissime volte nell'arco esistenziale di una singola macchina. Immaginabile perciò il moltiplicarsi dei buchi prodotti dai perni sulle assi orizzontali ed il loro conseguente rapido ed irrimediabile degrado. Del resto ad accelerarlo ulteriormente contribuivano le sbarrette che, per la fortissima trazione a cui erano sottoposte, mentre giravano finivano per piallare il legno intorno ai fori delle matasse. Spesso vi penetravano tanto profondamente da incepparvisi impedendo di conseguire la massima tensione.

Una prima soluzione a quel grave inconveniente consistette nel munire il bordo di ogni foro di una apposita flangia di bronzo, destinata a sopportare le sbarrette [**A**]. Dal punto di vista geometrico la suddetta flangia va ricondotta ad un cilindro cavo, dotato in prossimità della sua sommità di una larga ghiera, lungo la cui corona stavano praticati alcuni buchi passanti, non di rado tra i 4-6. Il diametro esterno del cilindro fu fatto coincidere accortamente con quello dei fori delle assi, per cui riusciva agevole inserirvelo lasciandone fuori soltanto la ghiera. Tramite un paio di perni fatti passare in altrettanti suoi buchi la flangia veniva fissata saldamente all'asse. A quel punto, ricollocata la matassa come al solito, e postevi di traverso le due sbarrette, ed il braccio, se ne iniziava il caricamento. Agendo con la leva, o con il tondino, se ne provocava la rotazione: contrariamente al passato il movimento non avveniva più sul tenero legno ma sul bronzo della ghiera con una sensibile decurtazione degli attriti. Inoltre proprio per la notevole ampiezza della ghiera la pressione esercitata dalle matasse e trasmessa dalle sbarrette si riduceva drasticamente, evitando qualsiasi erosione.

La vera differenza, tuttavia, si manifestava una volta conseguita la massima tensione: per bloccare le sbarrette evitandone la violenta controrotazione bastava infilare due perni nei più vicini buchi della ghiera lasciandone



49 - Evoluzione schematica del sistema di ancoraggio delle matasse elastiche delle artiglierie a torsione, nelle diverse fasi cronologiche A, B, C.

fuoriuscire la testa, contro la quale cessava qualsiasi movimento. Per procedere alla ricarica, imprimendo appena un principio di rotazione si estraevano i perni dalla ghiera, liberando la sbarretta, per reinserirveli non appena completata l'operazione. L'espediente senza dubbio ingegnoso non si prestava però a gestire le coppie rapidamente crescenti che matasse sempre più grandi trasmettevano alle sbarrette.

Per adeguarsi alle nuove esigenze si pensò che a ruotare non dovessero essere più soltanto le sbarrette, ma l'intera flangia, resa solidale alle stesse. Si escogitò, pertanto, un diverso tipo di flangia, munita di due collarini: di essi quello inferiore, alto pochi millimetri, si posizionava nel foro del legname, mentre quello superiore, alto alcuni centimetri, era munito in sommità di due scanalature rettangolari per l'innesto forzato delle sbarrette.

Va osservato, per inciso, che con l'introduzione del descritto dispositivo si esce dall'ambito delle supposizioni, razionali quanto si voglia ma mai incontrovertibili, per la disponibilità di alquanti reperti archeologici. Primi fra tutti le descritte flangie di bronzo. Sebbene se ne siano rinvenute appena poche decine, alcune in Grecia, altre in Italia, altre in Spagna ed altre in Nordafrica, sempre comunque all'interno dell'area imperiale, la loro diversa foggia e fattura, consente di riscontrare con sufficiente attendibilità l'evoluzione delle artiglierie a torsione e la loro esatta configurazione. Non di rado insieme alle flangie si sono ritrovate, ancora incastrate nel loro collarino, anche diverse sbarrette, nonché numerosi perni di bloccaggio, e persino qualche piastra di supporto, rinvenimenti che confermano ulteriormente la correttezza delle ricostruzioni grafiche.

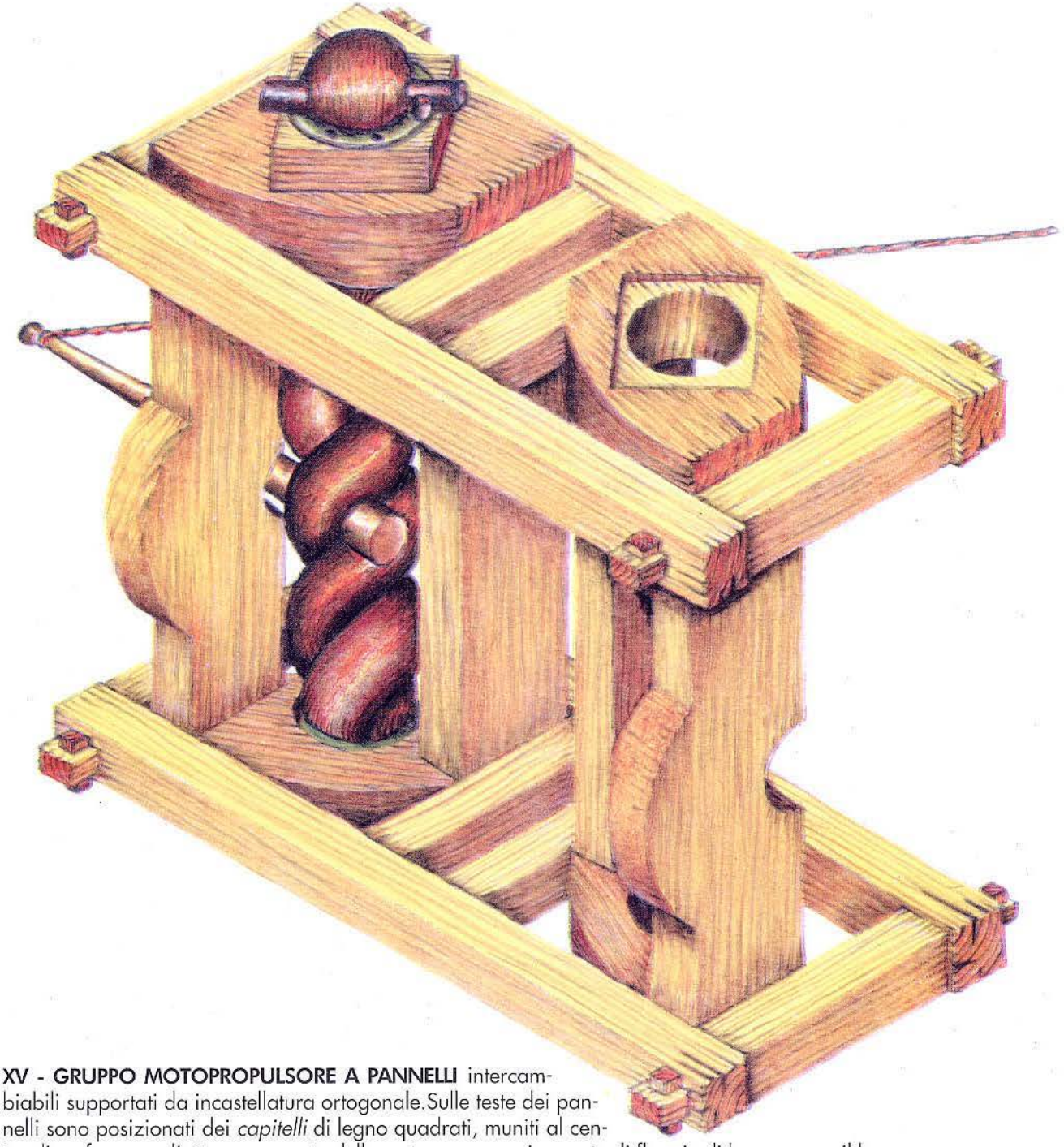
Proprio grazie al rinvenimento di questi accessori è possibile precisare che la sbarretta si incastrava profondamente nel collarino della flangia e che i perni di bloccaggio della stessa erano almeno quattro. Dal che si può concludere che il rotolamento accidentale o fortuito fosse assolutamente impossibile per le robustezza del sistema.

Premesso ciò, ponendo in rotazione con la solita leva e nella medesima maniera la sbarretta, questa per via dell'incastro, trascinava nel suo moto anche la flangia, il cui collarino inferiore fungeva da albero verticale mentre il foro nel legno da boccola. Quando si riteneva raggiunta la tensione massima si bloccava la flangia tramite dei perni che passando nei buchi penetravano nella sottostante asse.

Nel sistema appena descritto si coglie indubbiamente un progresso rispetto al precedente, ma al contempo vi si scorge anche una arretramento, poiché nuovamente si ricorreva all'impiego di perni passanti fatti penetrare nel legno. Senza contare che l'attrito tra flangia di bronzo e legno cresceva talmente dopo i primi giri da non consentire di pervenire alle massime tensioni. Fu presto chiaro che quella grave deficienza si sarebbe potuta eliminare solo facendo ruotare bronzo su bronzo. In pratica la soluzione ottimale sarebbe scaturita dalla fusione dei due sistemi: la flangia a doppio collarino e sbarretta avrebbe dovuto girare su quella fissata al legno.

Questo funzionale perfezionamento [**B**] non tardò ad essere adottato su tutte le artiglierie a torsione, essendo il solo che consentiva di incrementare senza alcun limite la loro potenza ed al contempo di preservare in maniera assoluta la struttura lignea del gruppo motopropulsore. E proprio per garantirgli una superiore longevità, si sostituirono le sue due assi orizzontali con quattro pannelli di legno. Ovviamente i fori di attraversamento delle matasse si praticarono uno per ciascun pannello, senza mutarne il diametro.

A sua volta ogni pannello venne saldamente posizionato nella esatta collocazione spaziale richiesta dalla funzione mediante una sorta di incastellatura realizzata con robusti listelli di legno, giuntati fra loro con incastri e cunei.



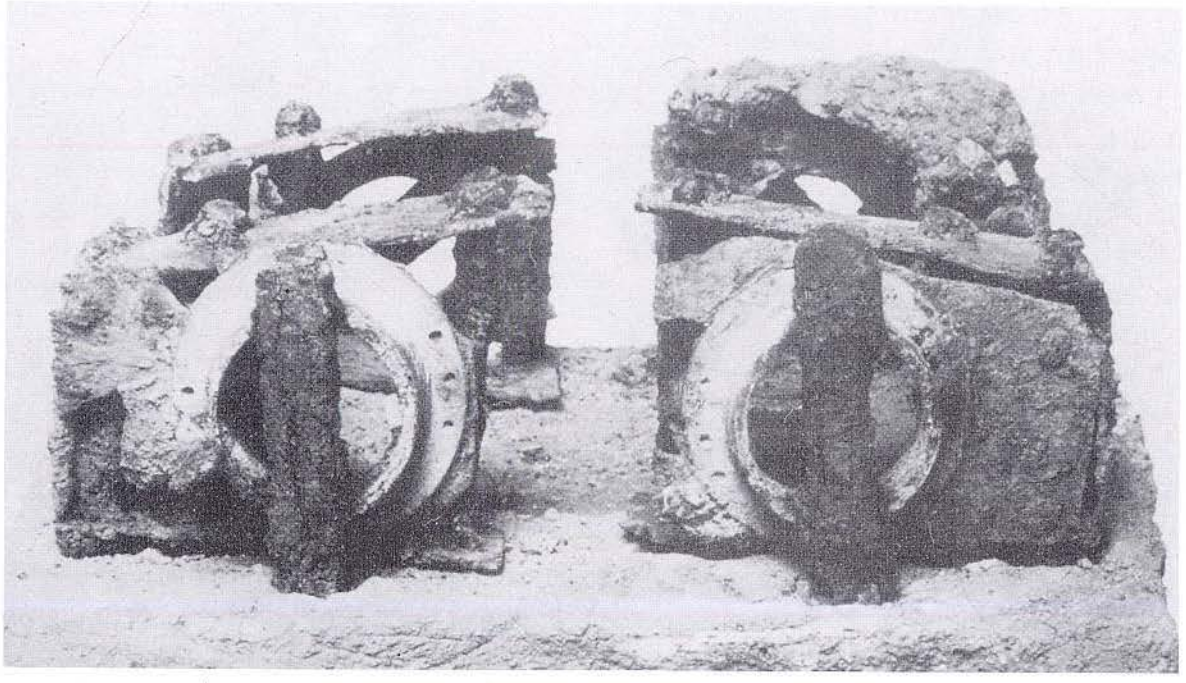
XV - GRUPPO MOTOPROPULSORE A PANNELLI intercambiabili supportati da incastellatura ortogonale. Sulle teste dei pannelli sono posizionati dei *capitelli* di legno quadrati, muniti al centro di un foro, per l'attraversamento delle matasse e superiormente di flangie di bronzo, per il loro ancoraggio. L'insieme è serrato mediante incastri e cunei di bloccaggio. Nei montanti esterni sono presenti degli alloggiamenti semicircolari, destinati ad evitare che le braccia dell'arma nel violento ritorno vi urtassero contro.

Questa razionale modifica non solo agevolava la costruzione rendendola più rapida, ma garantiva riparazioni di gran lunga più semplici ed economiche, potendosi facilmente sostituire qualsiasi parte danneggiata di un gruppo con una uguale di rispetto. Il criterio della prefabbricazione delle singole componenti e quello della loro intercambiabilità, faceva così la sua comparsa in ambito militare. Da allora, non solo non sarebbe mai stato abbandonato, ma avrebbe pervaso anche la tecnologia civile attingendo il suo acme nell'odierna società industriale.

Tuttavia l'adozione di questo evoluto sistema richiese quale premessa indispensabile la capacità di ridurre notevolmente le tolleranze fra le parti mobili. La flangia rotante, infatti, avrebbe dovuto potere girare senza scuotimenti in quella fissa come un qualsiasi albero nel suo cuscinetto. Ed una precisione del genere fu ottenuta sottoponendo le flangie realizzate per fusione a tornitura.

Sebbene tanta precisione sembri incompatibile per l'epoca le striature ancora ben visibili sui reperti meglio conservati stanno a certificarne la concretezza. E che l'intero sistema sia a sua volta realmente esistito lo testimonia uno straordinario rinvenimento archeologico effettuato ad Ampurias, presso Barcellona.

In dettaglio si tratta di una doppia coppia di siffatte flangie, con relative controflangie e sbarre di bloccaggio: l'intera parte metallica di un gruppo motopropulsore di una grossa catapulta, ancora montata nella esatta modalità di funzionamento.



50 - Resti della grande catapulta ritrovata ad Ampurias e custodita attualmente nel museo di Barcellona. Si tratta dell'intera parte metallica di un gruppo motopropulsore, per l'esattezza di quattro ancoraggi per matasse a torsione con relative bandelle di bloccaggio e perni di fissaggio alla struttura lignea.

Lo stato di conservazione complessivo, eccezionalmente buono, ha permesso il chiarimento di alquanti interrogativi: pertanto quanto segue può considerarsi la trascrizione di tali indicazioni (**32**).

Realizzati con la massima precisione i quattro pannelli, si munì il foro di ciascuno di una controflangia, in pratica una spessa e larga rondella di bronzo.

Più precisamente si potrebbe descrivere come una sorta di ghiera munita a sua volta di un modestissimo collarino, o più precisamente di una di pista interna di rotolamento, destinata al collarino inferiore della flangia propriamente detta. Lungo la sua corona si susseguivano ad intervalli regolari numerosi buchi circolari passanti, per l'esattezza 12 in quella d'Ampurias. Alcuni di essi, mediamente 4 con disposizione simmetrica, servivano per il fissaggio della controflangia al pannello tramite perni, mentre tutti gli altri venivano lasciati vuoti.

Il pannello completo si presentava perciò con il foro guarnito dalla descritta flangia, coassialmente alla quale si inseriva quella rotante. In particolare il suo collarino inferiore veniva fatto poggiare sulla pista della controflangia: è tuttavia molto probabile che nella maggior parte dei casi fosse l'intera ghiera della flangia a posare su quella della controflangia, limitandosi il collarino inferiore a garantirne il centraggio. Al riguardo le diverse maniere adottate, pur fornendo una prestazione sostanzialmente identica, devono ascriversi alla diverse potenze della relative macchine ed alla conseguente necessità di contenerne al massimo gli attriti in fase di precaricarica, come pure le sollecitazioni di compressione.

Ad ogni buon conto, posizionate le due flange, fattevi passare attraverso un'estremità della matassa e fissatala sulla sbarretta, si procedeva alla torsione, utilizzando la solita leva di ferro. La flangia iniziava così a girare sulla controflangia ed avvenendo il contatto tra superfici entrambe metalliche, l'attrito, già di per sé inferiore a quello dei sistemi precedenti, si riduceva ancora mediante un'abbondante lubrificazione, accortezza che impediva il grippaggio. L'operazione, pertanto, poteva compiersi, sia pure con discreta fatica, fin quasi al limite di snervamento delle matasse. Una volta raggiunto bastava far coincidere un paio di buchi della flangia con un paio dei tanti lasciati appositamente vuoti della controflangia, inserirvi dentro dei robusti perni di ferro, per bloccare in perfetta sicurezza matasse caricate di qualsiasi potenza. Si spiega così il perché della diversità del numero dei buchi presenti sulle flangie sulle controflangie. Quanto poi alle periodiche ricariche, registrazioni ed equiparazioni, si procedeva svellendo preliminarmente i perni, imprimendo una frazione di giro alla flangia, per poi reinserirli una volta recuperata la giusta tensione.

In alcune realizzazioni al posto delle controflangie vennero impiegate delle piastre di bronzo, di discreta consistenza. Stando ai rinvenimenti avevano forma rettangolare con

---

32 - Circa la catapulta di Ampurias e le sue componenti in bronzo e gli altri rinvenimenti del genere cfr. D. BAATZ, *Ein katapulte der Legio IV Macedonica aus Cremona*, in *Romische Mitteilungen*, 87, 1980, pp. 283-299; D. BAATZ, *Hellenistiche katapulte aus Ephyra*, in *Mitteilungen des deutschen archeologischen instituts athenische abteilung*, 97, 1982, pp. 211-233.

al centro un grosso foro circolare nel quale girava la flangia, quattro buchi per il fissaggio in corrispondenza degli spigoli, ed uno spessore di alcuni millimetri. Le caratteristiche complessive di siffatte piastre lasciano motivatamente presumere l'impiego in macchine alquanto rozze e di scarsa potenza. Ne esistevano anche di ferro e negli esemplari meno corrosi si distinguono nitidamente i buchi di bloccaggio disposti regolarmente intorno al foro centrale. Quest'ultimo dettaglio dimostra che persino con le piastre la torsione ed il bloccaggio delle matasse avvenivano nelle stessa maniera.

Un'ultima tipologia di perfezionamenti che ricevettero soltanto le macchine più evolute, ed abbastanza tardi, derivò dalla sostituzione delle flangie suddette con altre la cui corona era sagomata ad arpioni d'arresto [**C**]. La disposizione generale di montaggio si deve presumere identica, sia per quanto concerne la sottoflangia, sia per quanto concerne la sbarretta: l'unica novità sta nell'automatizzazione della manovra, e nella eliminazione dei perni.

In precedenza ci si è soffermati sul particolare che la carica di una singola matassa dovesse avvenire impartendole la rotazione, necessariamente, da entrambe le estremità a causa del braccio. Per una omogenea distribuzione degli sforzi lo stesso si sarebbe dovuto trovare esattamente a metà del fascio, condizione questa puramente ideale. Tuttavia va rilevato che tale approssimazione non provocava apprezzabili scadimenti funzionali, quanto piuttosto una minor durata della matassa. A neutralizzarne le conseguenze, infatti, consistenti in pratica nella minor potenza di un singolo braccio, interveniva l'equiparazione della trazione esercita da entrambi, operazione alquanto delicata da cui dipendeva la regolarità del tiro. Non esistendo all'epoca alcuno strumento in grado di misurare lo sforzo fornito dal braccio di destra rispetto a quello di sinistra, fu necessario stimarne indirettamente la tensione esercitata sulla rispettiva semicorda. La valutazione si correlò alla nota che ciascuna di esse emetteva percotendola: la perfetta simmetria si aveva con toni uguali o meglio ancora con la risonanza di quella non percossa. Non a caso Vitruvio, conscio dell'importanza e della frequenza di quella taratura, ritenne indispensabile che gli ingegneri possedessero una minima cultura musicale. Precisava infatti che:

> *"Bisogna anchora che sapia musica, aciochè habbi note le ragioni delli canti e le mathematice et oltra questo perché possa fare bene le temperature delle baliste, catapulte scorpioni. Perché in li capi loro a destra e sinistra, sono fori di mezo tono, per li quali s'estendono e tirano le corde facte di nerbo e torte, con le sicule e bastoni overo pali da torcere e voltare o caricare, li quali non se concludono e non si ligano se prima non fa certo et equale sono alle orecchie dello artefice. Perché le braccia le quale se includano in questi tiramenti come se distendono equalmente e paramene, così debbono mandare el colpo over saecta; e per questo se non serrano di mezo tono empedirranno la derritta missione e tratto della saetta."*(**33**).

---

33 - Da V. FONTANA, P. MORACHIELLLO (a cura di), *Vitruvio e Raffaello. Il* 'De Architettura' *di Vitruvio nella...*, cit. , p. 72.

Mentre per la ricostruzione delle artiglierie a flessione ci si è dovuti inevitabilmente arrovellare sulle fonti coeve, sempre lacunose ed enigmatiche, per quelle a torsione, come precisato, un notevole apporto conoscitivo è fornito dall'analisi dei ritrovamenti archeologici. Questi, a loro volta, sono stati resi possibili dall'inalterabilità del bronzo utilizzato per la componentistica meccanica di precisione delle suddette macchine ed, in particolare, per le flangie innanzi descritte. Diviene pertanto indispensabile fornirne un riscontro oggettivo, con i relativi approfondimenti tecnici.

I reperti di Cremona

Una serie di reperti, particolarmente interessanti, sono quelli custoditi a Cremona presso il museo Ala Ponzone. Il loro rinvenimento risale alla fine del XIX secolo, mentre l'effettiva interpretazione solo a pochi decenni or sono. In sintesi nell'aprile del 1887, nel corso di alcuni lavori nei pressi del Borgo di Porta Ognissanti, per l'esattezza nel fondo del sig. Giovanni Lucchini, tornarono alla luce alcuni curiosi pezzi di metallo di varia consistenza e dimensione. Recita il verbale che: "... i frammenti ritrovati alla stessa profondità di circa un metro e mezzo, sono di ferro e di rame. Un pezzo di ferro presenta una pianta rettangolare, ricoperta di una sottile laminetta di rame. Un pezzo di lamina di rame ha attaccato un bottone, dello stesso metallo, di speciale lavoro... Vennero pure fuori parecchie lunghe e sottili strisce, sempre di rame, a guisa di nastrini, scanalate da una parte. Si raccolsero invece ben conservati otto diversi anelli di bronzo, di bel lavoro con due intaccature da una parte, in cui si adattavano le due estremità di una spranghetta di ferro, e con certi buchi intorno, i quali davano forse passaggio a chiodi. Insieme con questi avanzi stavano ossa umane, due o tre teschi, che si disfacevano toccandoli, uno dei quali mostrava una larga spaccatura nel mezzo; pezzi di embrici di fabbrica romana; un ansa di anfora; parecchi ciottoli; due piccole pietre squadrate, ecc. La natura degli oggetti trovati, il modo col quale giacevano alla rinfusa, mescolati alla terra, esclude l'ipotesi che si tratti di un sepolcro, nel vero senso della parola..."(**34**). Dopo la prima pulizia fu evidente che gli elementi più importanti della scoperta erano gli otto pezzi cilindrici, simili a flangie fortemente svasate, la piastra appena istoriata con alcune lettere latine. La decifrazione di quest'ultime fornì la seguente epigrafe:

LEG[IONIS] **IIII MAC**[EDONICAE]

Sotto il consolato di Marco Vinicio, per la seconda volta, e di Statilio Tauro Corvino, sotto il comando di Gaio Vibio Rufino, legato (propretore della Germania superior), essendo Gaio Orazio, princeps del pretorio..."(**35**).

---

34 - La citazione è tratta da D. BAATZ, *Ein katapult der Legio IV...*, cit., pp. 283-284.
Per ulteriori notizie al riguardo cfr. G. PONTIROLI, *Catalogo della sezione archeologica del Museo Civico 'Ala Ponzone' di Cremona,* Milano 1974, pp. 64-65, e 215-216. Ed anche AA. VV., *Tesori della Postumia, archeologia e storia intorno a una grande strada romana alle radici dell'Europa,* Milano 1998, pp. 277-78.

35 - Da AA. VV., *Tesori...*, cit., p. 277-78.

Da successive ricerche storiche è emerso che i consoli M. Vinicio e T. Statilio Tauro Corvino furono in carica nel 45 d.C., mentre la IV Legione Macedonica, i cui simboli sbalzati sulla piastra consistevano in un capro ed un toro, risultava di origine cesariana. La piastra quindi, potrebbe equipararsi a quelle che ancora oggi vengono poste sulle maggiori artiglierie per indicarne la data di costruzione e le caratteristiche tecniche. Per cui la catapulta in questione sarebbe stata realizzata nel 45 d.C., dai tecnici della IV Legione Macedonica. E, forse, proprio nelle storia di quella grande unità è racchiusa la plausibile spiegazione della singolare scoperta, evento di per se rarissimo ad onta della ridondanza di artiglierie del genere nell'Impero romano. Dunque la IV *Legio Macedonica*: "...forse fondata da M. Bruto prese parte sicuramente alla battaglia di Filippi, in Macedonia, del 42 a.C.. Augusto la mantenne in servizio e la mandò in Spagna ove pose il campo probabilmente nei dintorni di Burgos. Quasi sicuramente nello stesso periodo scese in Mauretania per procedere all'occupazione della regione.

Durante l'impero di Claudio fu spostata a *Mogontiacum* (Magonza), per sostituire le forze legionarie che erano state inviate ad occupare la Britannia. Non riconobbe imperatore S. Galba e si pronunciò per A. Vitellio: metà della legione lo seguì in Italia al comando di Alieno Cecina.

Non sappiamo se combattè nella prima battaglia di Bedriaco, ma nella seconda fu sconfitta dalle forze di Vespasiano. Nello stesso periodo la storia dei legionari rimasti a Magonza è simile a quella dei loro colleghi della I *Germanica*. Riconobbero l'impero gallico di Civile, poi ritornarono sulle loro decisioni e parteciparono alle ultime operazioni contro i ribelli, condotte da Petilio Ceriale.

Terminata la rivolta Vespasiano ne decretò l'immediato scioglimento..."(**36**), ed al suo posto costituì la IV *Flavia*.

Dunque quasi metà della legione combatté per Vitellio ed, in particolare, si sa che nel 69 d.C. venne sconfitta da Vespasiano nella battaglia di Cremona, estremo episodio della ingloriosa vicenda. Nessuna meraviglia che sul campo di battaglia oltre ai cadaveri rimasero anche molte delle sue attrezzature e delle sue armi, distrutte e bruciate. Annientata l'unità nessuno più si interessò di quei rottami, coperti prima dalla cenere e poi dal fango. In pochi anni la vegetazione li nascose definitivamente, sotto strati di detriti, per oltre diciotto secoli. Quando finalmente riaffiorarono fu abbastanza facile correlarli al noto evento bellico: la somiglianza fra quei grossi anelli di bronzo con mozzi per ruote convinse che tanto i pezzi metallici quanto i resti umani sarebbero appartenuti ad un paio di carri della IV *Legio* che fuggivano, dopo la disfatta, con la cassa militare. Raggiunti dai vincitori, o da predoni, i conduttori vennero immediatamente uccisi, la cassa spaccata per asportarne il denaro ed i mezzi dati alle fiamme: ricostruzione ineccepibile tenendo presente la bolgia che seguiva le grandi battaglie.

E per oltre un secolo gli strani cimeli sebbene esumati restarono non identificati, o meglio erroneamente identificati, tant'è che ancora nel catalogo del museo del 1974 si legge per la piastra: "...lamina in bronzo per rivestimento di *capsa* od *arca* militare della IV legione Macedonica...[e per le flangie]...avanzi di... carro militare appartenuti alla

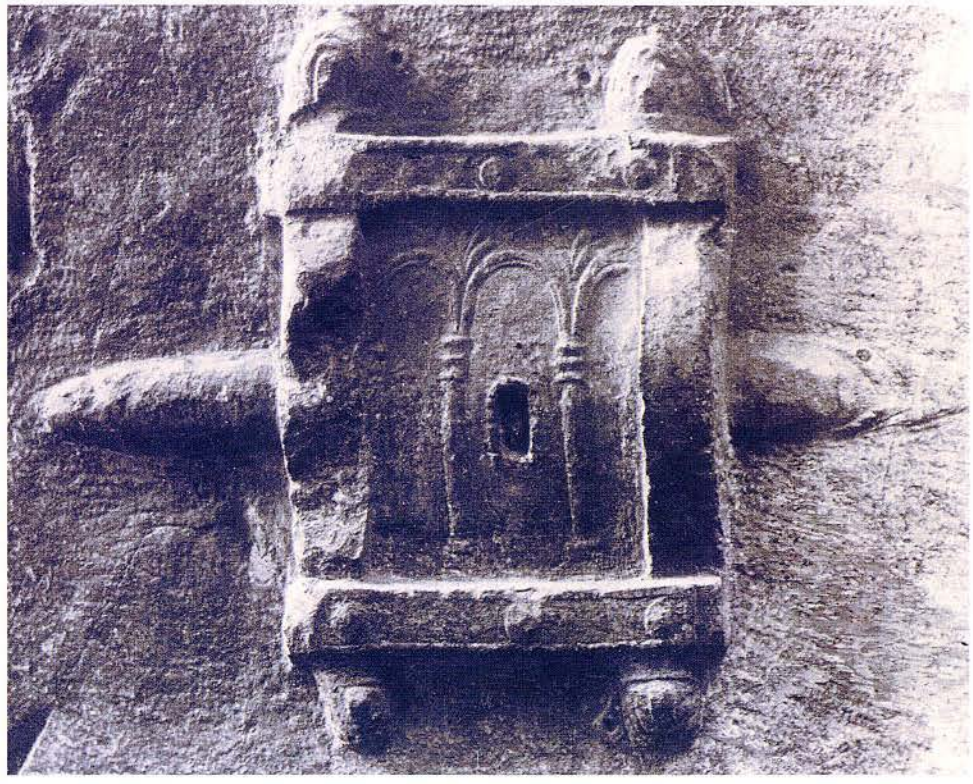
---

36 - Da A. M. LIBERATI, F. SILVERIO, *Legio, storia dei soldati di Roma*, Roma 1992, pp. 123-124.

Legione IV Macedonica... Mozzi in bronzo per ruote..."(37). L'interpretazione esatta avvenne soltanto alcuni anni dopo e fu dettagliatamente esposta in una accurata pubblicazione di uno dei massimi studiosi del settore Dietwulf Baatz.

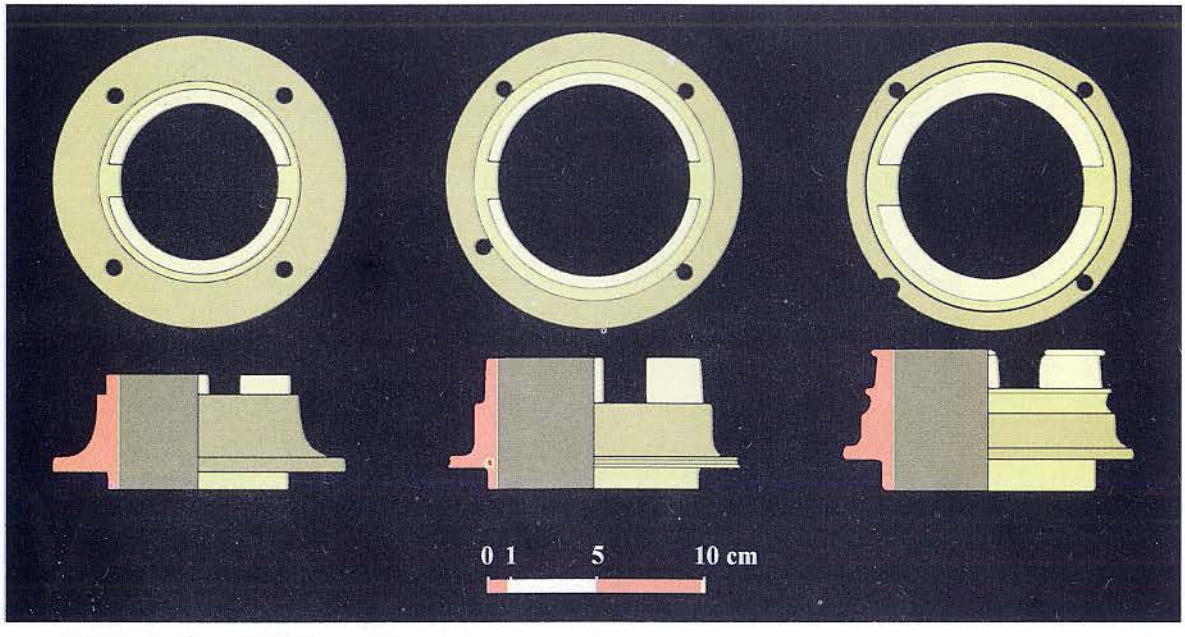
---

37 - Da G. PONTIROLI, *Catalogo...*, cit., pp. 64-65.



51 - *In alto,* la piastra frontale della catapulta di Cremona. *A fianco* la raffigurazione in bassorilievo sepolcrale di una catapulta del I sec. vista frontalmente: sono evidenti le affinità. La lapide, rinvenuta nei pressi di Roma è conservata nei Musei Vaticani.

52 - Veduta d'insieme delle otto flangie, appartenenti con molta probabilità a due distinte catapulte di media potenza. In alcune è ben evidente la conservazione della sbarretta intorno alla quale giravano le fibre della matassa.



53 - Rilievo grafico delle flangie di Cremona: piante, prospetti e sezioni

La piastra divenne allora la schermatura posta tra le due matasse di una catapulta a torsione, quasi una sorta di antesignano scudo di protezione come compariranno nelle artiglierie campali del XX secolo, mentre i famosi mozzi tornarono ad essere le sue flangie e di una consimile arma. Se la natura dei pezzi poteva considerarsi perfettamente chiarita, la vicenda doveva però inevitabilmente essersi dipanata in maniera del tutto diversa dalla ricostruzione: per una circostanza assolutamente imponderabile quanto straordinaria, anche quella è affiorata dal suo remoto passato. Per valutarla meglio si rende necessario esaminare i reperti in questione meno superficialmente, in quanto ne sono la parziale conferma. Usando la stessa classificazione del museo Ala Ponzone di Cremona, abbiamo:

"325-2r. interno cm. 7.3; 2r. mass. cm. 13.5; h. cm. 5.5.

54 - La flangia 325

55 - Altra sua veduta

326-2r. interno cm. 8.7; 2r. mass. cm. 13.5; h. cm. 6.3.

56 - La flangia 326

57 - Altra sua veduta.

327-2r. interno cm. 8.7; 2r. mass. cm. 13.4; h. cm. 5.5.

Due tacche sulla fascia stretta attraversate da sbarrette di ferro di cm. 14.8 di lungh.; cm. 1.5 di largh.; cm. 2 circa di spessore irregolare. Due fori grandi simmetrici diametralmente di cui uno con chiodo ribattuto.

58 - La flangia 327

59 - Inquadratura ortogonale della stessa.

328-2r. interno cm. 7.6; 2r. mass. cm. 13.2; h. cm. 5.3.

Quattro fori simmetrici sulla svasatura, di cui due otturati da resti di chiodi ribattuti.

60 - La flangia 328

61 - Altra sua veduta

329-2r. interno cm. 8.5; 2r. mass. cm. 13.5; h. cm. 6.2.

Due tacche sulla corona stretta, attraversate da sbarretta di ferro attaccata al resto, di cm. 14.8 di lungh.; cm. 1.5 di largh. Circa cm. 2 di spessore irregolare.
Quattro fori simmetrici nella svasatura, di cui uno otturato.

62 - La flangia 329

63 - Inquadratura ortogonale della stessa.

330-2r. interno cm. 7.2; 2r. mass. cm. 13.2; h. cm. 5.5.

Due tacche sulla corona stretta.
Quattro fori simmetrici sulla svasatura, di cui due otturati.

64 - La flangia 330

65 - Altra sua veduta.

331-2r. interno cm. 7; 2r. mass. Com. 13.5; h. cm. 5.

Due tacche sulla corona stretta.
Quattro fori simmetrici sulla svasatura.

66 - La flangia 331.

67 - Altra sua veduta.

332-2r. interno cm. 8.5 (circonferenza irregolare); 2r. mass. cm. 13.5; h. cm. 6.

Due tacche sulla corona stretta, attraversate da sbarra di ferro lunga cm. 13 nella parte superiore e cm. 7 nella parte inferiore, a lama, occupante il diam. interno.

Quattro fori simmetrici sulla svasatura di cui uno otturato.

Lacuna sulla svasatura in corrispondenza dell'orlo. "(**38**).

---

38 - Da G. PONTIROLI, *Catalogo...*, cit., pp. 215-216.

68 - La flangia 332

69 - Veduta del pezzo

Analizzando i reperti emergono alcune interessanti conclusioni, soprattutto tenendo presente che con il termine 'corona stretta' si intende il collarino maggiore e con quello di 'svasatura' il raccordo curvilineo tra questo e la ghiera. Innanzitutto le otto flange in base ai diametri dei loro fori e delle rispettive ghiere, possono distinguersi in due gruppi di quattro elementi ciascuno. Il primo oscilla fra gli 85 e gli 88 mm per il diametro interno e 134-135 per quello esterno. Il secondo fra i 70-76 per l'interno ed i 132-135 per l'esterno.

In entrambi i gruppi l'escursione dei diametri esterni è molto meno sensibile di quella degli interni, anomalia che non può ritenersi causale. Essendo pezzi ottenuti per fusione da poche matrici ricavate da calchi di modelli in legno, realizzati al tornio, è molto probabile che avessero tutti originariamente un diametro interno identico di circa 70 mm ed esterno di 135. Usciti dalla fusione subivano una prima pulizia dalle bave mediante una leggera tornitura che determinava lievi differenze, in particolare sul diametro esterno. Col trascorrere del tempo, le flangie inevitabilmente andavano soggette ad usura, specialmente lungo la loro cavità cilindrica, che schegge di pietra, frammenti di metallo, o schegge di ceramica facilmente potevano rigare ed erodere. Ora se l'escursione del diametro interno risulta di ben 17 mm contro appena 3 mm di quella esterna, la divergenza deve interpretarsi come la conseguenza delle reiterate alesature a cui periodicamente si sottoponevano le cavità delle flangie, di entità variabile in funzione del degrado. Il procedimento, corrente e comprensibile nei moderni motori a scoppio appare anacronistico ed ingiustificato per quelle arcaiche componenti. Va però considerato che eventuali graffiature ed asperità essendo a costante contatto con le le matasse in continuo movimento, ne avrebbero provocato rapidamente lo sfilacciamento delle fibre e la rottura. Unica soluzione mantenere sempre perfettamente levigate, a specchio, le cavità cilindriche delle flangie. Intervento che sarà stato compiuto o per il manifestarsi di danni alle matasse, o dopo prolungati impieghi operativi.

Ad ogni buon conto è credibile che una medesima macchina abbia montato flangie di analoga usura e quindi d'identico calibro interno. Quest'ultima ipotesi ci conferma la supposizione che le suddette non facessero parte di un piccolo stok di rispetto, ma di due distinte macchine, distrutte negli scontri del 69 presso Cremona. A dimostrarlo ulteriormente contribuisce il rinvenimento in tre flangie della relativa sbarretta di ferro ancora saldamente in sede, nonché un certo numero di perni di ferro, spezzati ma sempre nelle ghiere: tanto le une quanto gli altri potevano trovarsi in quella posizione solo su macchine funzionati.

La presenza di perni di ferro, in realtà volgari chiodi, e per contro l'assenza delle sottoflangie induce a ritenere le catapulte in questione non delle migliori. Si sarebbe trattato, quindi, di macchine più rozze, o probabilmente divenute tali in seguito ad approssimata manutenzione eseguita senza pezzi di ricambio e senza adeguata competenza dagli stessi legionari.

70 - Flangia che conserva ancora inserita la sbarretta di ferro di supporto della matassa.

71 - Idem

Macchine che al momento vantavano già una discreta anzianità di servizio -probabilmente per quanto accennato innanzi circa 24 anni- ed un non ideale stato di conservazione. Alcune flangie, infatti, mostrano evidenti incisioni di scalpello lungo il bordo della ghiera, operazione forse resasi necessaria per svellerle dal supporto al quale erano state rozzamente inchiodate. Altre presentano una vistosa martellatura lungo la circonferenza superiore del collarino maggiore, altre deformazioni da violente percussioni. La piastra stessa appare malconcia per buchi di chiodi e strappi di lamiera.

In conclusione, perciò, sembrano tutti elementi troppo degradati per essere montati su artiglierie funzionanti! Ed ecco allora che quelle inspiegabili connotazioni divengono la chiave per ricostruire la loro tragica vicenda.

Cassio Dione, e Tacito, rievocando ciascuno lo svolgimento di quell'immane scontro fratricida che vide coinvolta una cospicua rappresentanza dell'intero esercito romano, suddivisa tra le due fazioni, al termine di un anno terribile passato alla storia come *dei quattro imperatori* -dei quali tre ovviamente deceduti di morte violenta- si soffermano entrambi su di un temerario episodio. Questa la versione del primo subito seguita da quella del secondo:

> *"... in quel frangente due uomini dell'esercito di Vespasiano realizzarono una notevole impresa: poichè erano pesantemente danneggiati da un macchinario bellico* [una catapulta], *sottrassero gli scudi dalle spoglie dei vitelliani e si mescolarono di nascosto alle fila degli avversari, fino a raggiungere il macchinario proprio come se appartenessero a quelli, e tagliarono le funi, cosicchè la macchina non fu più in grado di scagliare neppure un proiettile..."*

> *"... i Vitelliani avevano piazzato le loro macchine da lancio sull'argine della strada, per poter far partire i loro colpi da un terreno libero e scoperto, mentre prima si perdevano finendo contro gli alberi, senza danno per il nemico. Un addetto ai lanci, gigantesco, della Quindicesima legione, scompaginava le file avversarie con pietre enormi. Sarebbe stata una strage se due soldati, passando inosservati, dopo aver sottratto due scudi ai cadaveri, non fossero riusciti con memorabile audacia a tagliare le corde e le cinghie della macchina. Furono uccisi sul posto e non se ne seppero i nomi, ma il fatto è certo. ... Non riuscendo i Vitelliani a fronteggiare la compatta determinatezza dei Flaviani, e scivolando via sulla testuggine ciò che scaricavano contro di loro dall'alto, alla fine rovesciarono addosso agli assalitori anche la catapulta. La quale, se al momento frantumò e seppellì quelli su cui era piombata, trascinò nella sua rovina anche la merlatura e la sommità del trinceramento...".* (**39**)

---

39 - Da CASSIO DIONE, Epit. X, 198, 17-200, e da TACITO, lib. III 23-29.

Abbiamo a questo punto tre possibili ipotesi: la prima contempla l'attacco di due temerari legionari che riescono a sabotare il pezzo nemico, che tanto danno arrecava ai commilitoni. La seconda, sostanzialmente simile, si differenzia soltanto nella conclusione: i due eroici incursori perdono la vita nell'impresa, comunque coronata da successo. Probabile che prima di essere sopraffatti abbiano a loro volta eliminato il grosso artiglierie ricordato nel brano. La terza, infine, non accenna ad alcuna azione ma al lancio di una intera catapulta sopra i soldati di Vespasiano, alcuni dei quali restano schiacciati dalla stessa, finendo così sepolti fra detriti e rottami. In pratica nel primo caso non si ebbe alcun morto accertato, o tramandato, nel secondo due, o forse più probabilmente tre, nel terzo quasi altrettanti non essendo le dimensioni di una catapulta sufficienti per un numero maggiore di vittime.

Ora gli *anelli* di bronzo rinvenuti, come del resto pure la piastra frontale, appartengono indubbiamente ad una, o meglio a due catapulte, ma non a baliste: il diametro interno delle flangie, di circa 70-80 mm, pari a 3-4 dita è assolutamente insufficiente per una balista, come pure il foro centrale della piastra, per il passaggio delle *balle*, mentre risulta congruo ad una catapulta per dardi da due cubiti, al pari del suddetto foro. Poiché un indubbio riferimento ad una catapulta si coglie esplicitamente soltanto nel terzo brano ed implicitamente nel primo, si deve supporre che l'azione fu in realtà una sintesi fra le due. Tale probabile ricostruzione, infatti, non contraddice in assoluto la narrazaione di Cassio Dione, riuscendo fin troppo logico che le artiglierie si scagliavano dall'alto delle mura sopra gli attaccanti solo dopo aver finito le munizioni o se danneggiate al punto da esser inutilizzabili.

Volendo, allora, ipotizzare più coerentemente l'accaduto, deve premettersi, innanzitutto, che si trattò di una azione temeraria con assoluto sprezzo della vita: degna dei migliori *commandos*. L'adozione degli scudi dei nemici caduti corrisponde all'utilizzo dell'uniforme nemica per meglio confondersi nei ranghi opposti. L'azione, che secondo la vigente normativa di guerra, qualora scoperta, comporta l'immediata fucilazione, all'epoca non trovava certo estimatori: in caso d'insuccesso la conclusione differiva soltanto per il tipo d'arma impiegato per la condanna capitale. Ad ogni buon conto, i due audaci legionari di Vespasiano, forse della III o della VII, raggiunsero così la deprecata postazione d'artiglieria, consistente verosimilmente in due catapulte. Con fulminea determinazione, con pochi violentissimi colpi d'ascia ne eliminarono i serventi, avventandosi subito dopo, con la medesima terribile arma sulle macchine. Una gragnola di colpi si abbatté allora sulle loro flangie, scardinandole e tranciandone le matasse. Alcune vennero persino divelte recidendone i perni di fissaggio: in pochi istanti al posto delle micidiale batteria una catasta di legna da ardere. Sopraggiunti i difensori per la coppia di sabotatori non ci fu più scampo: in un disperato tentativo di fuga si gettarono nel fossato, ma su di essi vennero precipitate le catapulte ormai inutili, schiacciandoli miseramente.

I reperti di Ampurias

Un ritrovamento, senza dubbio meno emozionante ma altrettanto sicuramente più interessante sotto il profilo tecnico, come in precedenza accennato, fu quello effettuato

ad Ampurias, nei pressi Barcellona. Si tratta di tutta la componentistica in bronzo, ben quattro flangie, con relative controflangie e perni di bloccaggio, ed in ferro, sbarre e piastre per le flangie, di un gruppo motopropulsore di una grossa catapulta. Avendone però già fornito le connotazioni fondamentali è superfluo tornare sui suoi dettagli (**40**).

I reperti di Mahdia

Nel 1907, a circa 4 km a largo di Mahdia, nei pressi di Tunisi, alla profondità di appena 39.50 m venne ritrovata una imbarcazione di origine romana. Si trattava di uno scafo lungo circa 40 m e largo 13, in discrete condizioni di conservazione (**41**). In ottime condizione era invece l'eccezionale carico che trasportava, per lo più opere d'arte in bronzo ed in marmo. Per quanto in seguito potette essere accertato la nave era partita con quelle preziose opere dal Pireo ad Atene tra l'80 ed il 70 a.C., diretta con molta probabilità verso l'Italia, forse a Napoli o ad Ostia. Sorpresa in prossimità di Messina da un violento fortunale fu costretta a dirottare sulla Tunisia, dove dinanzi a Mahdia affondò. Il recupero del carico si prolungò fino agli a metà degli anni '50, e tanto le opere d'arte quanto gli oggetti e gli attrezzi di bordo riportati in superficie finirono nel museo del Bardo, in un apposita sala.

Tra essi si distinguevano sei elementi circolari di bronzo.

---

40 - Per approfondimenti cfr. E. W. MARSDEN, *Greek...*, cit., pp. 29-30.

41 - Sulla vicenda cfr. D. BAATZ, *Katapultteile aus dem schiffswrack von Madia (Tunisine)*, in *Archaologische gesellschaft su Berlin 1983/84*, Berlin 1985, pp. 679-691.

72 - Foto d'insieme dei sei elementi circolari di bronzo per catapulte, dalle caratteristiche tecniche abbastanza sofisticate ed evolute.

In dettaglio il gruppo di componenti consisteva in una coppia di grandi flange, con il solito doppio collarino asimmetrico, con diametro interno pari a circa 95 mm, esterno a circa 150 mm, ed altezza a circa 50 mm. Sul bordo del collarino maggiore due alloggiamenti rettangolari diametrali per la sbarretta e 12 fori cilindrici passanti sulla ghiera nessuno dei quali otturato da perni.

73 - Tunisi-Museo del Bardo: flangia sinistra a dodici fori, in bronzo per catapulta di media potenza, rinvenuta a Madhia.

74 - Tunisi-Museo del Bardo: flangia destra, simmetricamente uguale alla precedente.

La forma complessiva presenta una straordinaria somiglianza con un'attuale flangia per condotte idrauliche ad alta pressione: nessuna meraviglia quindi che per un certo periodo anche questi reperti siano stati confusi con componenti di pompe di sentina.

Una seconda coppia era costituita da due strane ruote ad arpioni, per arresto retrogrado, volgarmente dette a crik o *saltaleoni*. Le loro caratteristiche generali somigliano a quelle delle flangie, essendo anche queste munite di due collarini asimmetrici, ma la ghiera appare molto più piccola e solo parzialmente dentata: proprio per l'esiguo spessore una delle due ruote è spezzata. La precipua singolarità, infatti, consiste appunto nell'essere munite di denti su metà della circonferenza: risulta inoltre evidente la loro realizzazione speculare.

75 - Tunisi-Museo del Bardo: ruota semidentata sinistra in bronzo. Si tratta di un particolare arpionismo d'arresto funzionante soltanto per 180°, in modo da preservare gli arpioni da inutili usure.

76 - Tunisi-Museo del Bardo: ruota semidentata destra in bronzo. E' la simmetrica della precedente.

Quanto alle loro dimensioni il diametro interno è pari a circa 70 mm, quello esterno a circa 100 mm, con altezza di quasi 40 mm. Anche queste ruote sono munite di un duplice alloggiamento diametrale a sezione rettangolare, ricavato nel collarino superiore.

Un'ultima coppia di flange, la più piccola presenta un'altra singolarità, senza dubbio ancora più strana non riscontrandosi nulla di somigliante in qualsiasi altro rinvenimento. Pur essendo in pratica anch'essa costituita da ruote ad arpioni, la loro collocazione non sta, come ovvio, lungo il bordo della ghiera, ma al di sotto della stessa. In altri termini, guardandole dall'alto, cioè dalla parte del collarino maggiore, risultano del tutto simili a quelle di Cremona, sebbene alquanto più piccole. Identico pure l'alloggiamento sul collarino maggiore per la sbarretta, nonché la svasatura di raccordo. Due normali flangie quindi le cui dimensioni sono: diametro interno pari circa 43 mm, esterno 60 mm ed altezza 25 mm.

77 - Tunisi-Museo del Bardo: ruota sinistra ad arpioni coperti in bronzo, di piccolo diametro. Probabile componente di un dispositivo di registrazione delle matasse.

78 - Tunisi-Museo del Bardo: piccola ruota destra simmetrica alla precedente.

In definitiva componenti minute per armi altrettanto modeste. Basta però girarle per notarne l'anomalia: al di sotto della ghiera, di pari larghezza, stanno collocati gli arpioni, quasi a basso rilievo, ed il loro andamento nelle due ruote appare, ancora una volta, simmetrico. Il giudizio complessivo che il ritrovamento subacqueo suggerisce è quello di elementi razziati da un magazzino, o da un arsenale, nel corso della campagna di Silla nell'86 a.C. Le sei ruote, infatti, non appartengono ad un'unica macchina, né il loro accoppiamento è fortuito, non spiegandosi altrimenti la simmetria evidenziata. E' probabile allora che facessero parte di un piccolo deposito di pezzi di rispetto per tre macchine di calibro diverso o, ipotesi più suggestiva di tre prototipi sperimentali per armi più sofisticate ed evolute, tipico prodotto della meccanica avanzata greca. Il che giustificherebbe perfettamente la loro inclusione nel prezioso carico, dovendo ostentare all'epoca uno straordinario valore, come sempre ne hanno avuto le armi segrete del nemico o le loro componenti più efficaci.

Senza voler correre dietro a nessuna fantasia è indispensabile, però, dedicare alle due coppie di ruote ad arpioni un più dettagliato approfondimento mirante a configurare meglio il loro probabile ambito d'impiego, approfondimento, però, che riuscirà meno complicato dopo aver esaminato le successive migliore delle artiglierie a torsione.

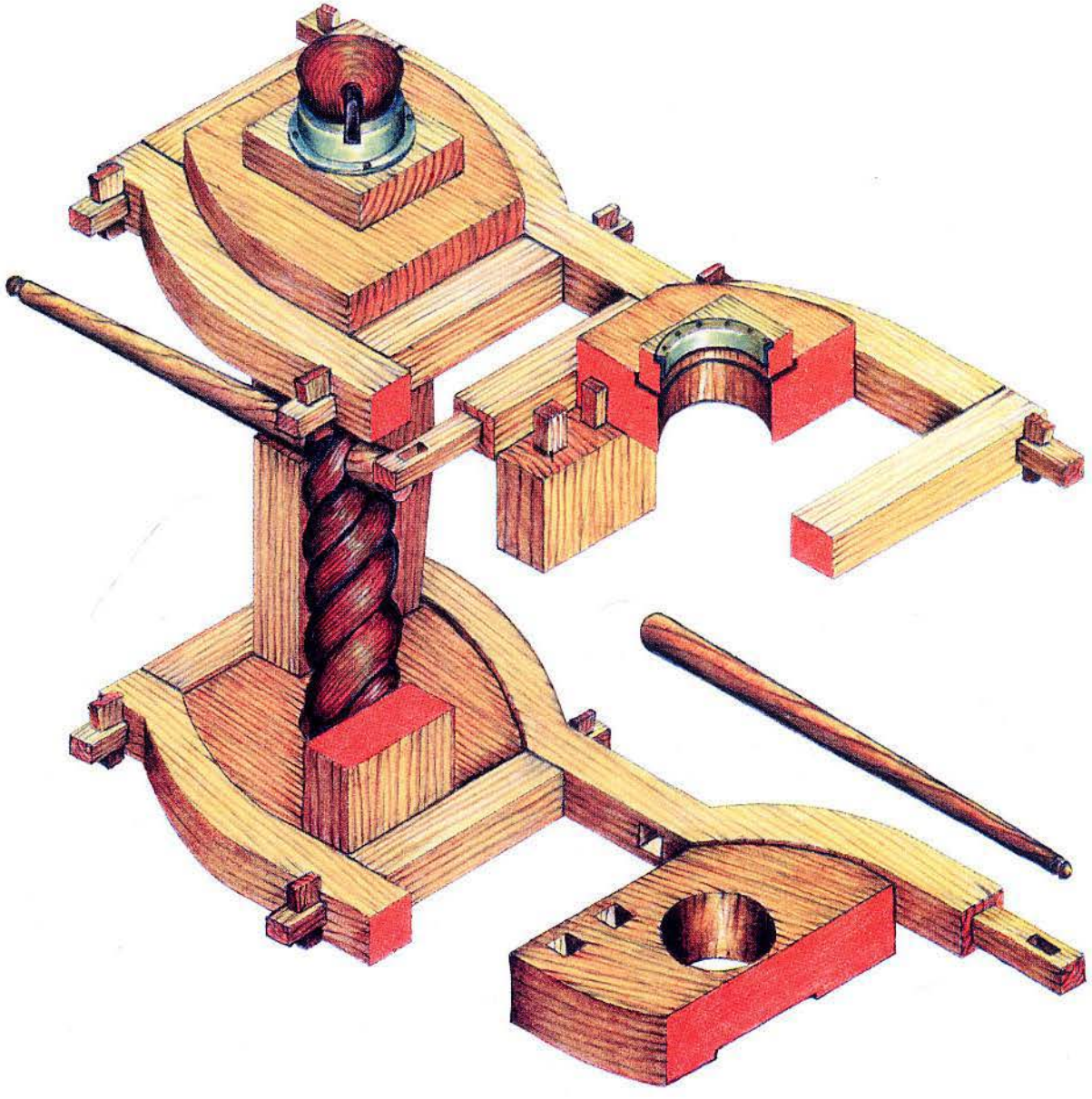
Ulteriori perfezionamenti tecnici

Nelle prescrizioni di Vitruvio relative alla costruzione di una balista, abbiamo potuto riscontrare la presenza, al di sopra dei pannelli dei gruppi motoprolpusori, di supporti quadrati di legno destinati alle flangie di bronzo. In prima approssimazione somiglierebbero a dei piccoli plinti di colonna, o più precisamente all'abaco, o dado, del capitello dorico: non a caso l'autore li chiama appunto *capitelli*. La loro adozione, peraltro già constata in alcune macchine precedenti, con tale puntualizzazione può ritenersi ormai stabilmente acquisita nei canoni costruttivi delle artiglierie a torsione. Il che può riguardarsi come un ennesimo perfezionamento apportato ai gruppi, che fino a quel momento ne erano abitualmente privi, insistendo le flangie direttamente sui pannelli, sistema che sarà comunque mantenuto nelle catapulte di minore potenza. Il vantaggio derivante da siffatti supporti deve quasi certamente correlarsi alla forte usura, ed al degrado accelerato che continuava ad affliggere quella delicata e sollecitata parte dei gruppi, anche dopo l'introduzione dei pannelli. La logica, del resto, è la stessa già supposta alle spalle dell'adozione di quest'ultimi al posto delle assi orizzontali: rendere le parti danneggiabili più piccole e facilmente sostituibili.

In pratica tramite il suddetto espediente il deterioramento provocato dai frequenti interventi sulle flangie per la taratura delle matasse, si sarebbe limitato soltanto a quei piccoli pezzi di legno quadrati, di trascurabile costo e di immediata sostituzione. Ed è altresì probabile che ogni macchina ne possedesse un discreto numero sin dalla sua costruzione, o ne ricevesse alquanti di tanto in tanto quali pezzi di rispetto, risapendosene la scarsa durata, anticipando il criterio di sostituzione per manutenzione dopo una certa quantità di tiri.

Il forte attrito tra i *capitelli* ed i pannelli, entrambi di legno duro e pesante, determinato dalla torsione delle matasse, dovrebbe averne assicurato la solidarietà. Tuttavia non può escludersi che per evitare qualsiasi, sia pur remota, eventuale loro rotazione per trascinamento da parte delle flangie, sull'estradosso dei pannelli sia stato praticato un apposito alloggiamento quadrato.

Nonostante la descritta miglioria la balista descritta da Vitruvio denuncia pur sempre una certa arretratezza rispetto ai prototipi più sofisticati realizzati in Grecia già da



XVI - GRUPPO MOTOPROPULSORE DI VITRUVIO - Il gruppo pur ricordando in sostanza quello di tipo standard a pannelli già descritto presenta alcune migliorie. I pannelli sono montati obliquamente rispetto al fusto dell'arma in modo da poter meglio sfruttare la rotazione delle braccia.I capitelli sono incastrati nei pannelli stessi, e recano la sottoflangia di bronzo già posizionata intorno al foro centrale.Il castello di supporto è sagomato per adeguarsi alla collocazione ed è tenuto insieme da incastri a cuneo.

oltre un secolo. La timida cautela che il più potente ed organizzato esercito dell'antichità adottò nei confronti della tecnologia militare avanzata, e dell'artiglieria meccanica in particolare, è ben nota. Significativamente proprio Vitruvio, stimato ingegnere, assunto da Giulio Cesare: "...per la costruzione di balliste, e per la preparazione finale di scorpioni e di altri pezzi di artiglieria..."(**42**), quindi tra le massime autorità romane in materia, si conferma un semplice divulgatore. E' chiara: "...infatti la derivazione diretta di Vitruvio dai testi alessandrini... [anzi la sua] opera mostra addirittura un passo indietro rispetto agli alessandrini sul piano propriamente scientifico..."(**43**). E non solo su quello, ma anche sul piano meramente meccanico. Una unica novità, per la verità, sembra potersi scorgere nelle sue artiglierie e consiste nell'adozione al posto delle cremagliere laterali, a denti di arresto di una o due ruote ad arpioni: lo sgancio accidentale della corda da quel momento fu impedito bloccando il verricello di caricamento e non più la slitta.

Le suddette ruote, infatti, vennero rese solidali all'asse del tamburo, ovvero del verricello, verosimilmente rendendo quadrate le estremità del suo albero. Per agevolare il disimpegno di quest'ultimo, il dente d'arresto che agiva sulla suddetta ruota assunse la foggia di una lunga leva arcuata, imperniata a ridosso della stessa e terminante posteriormente all'arma. Il dispositivo d'arresto, pertanto, da lineare divenne circolare, di ingombro insignificante e di elementare realizzazione, con una sensibilità d'intervento estremamente ridotta. Fu perciò possibile decurtare considerevolmente la larghezza del fusto delle artiglierie, passo significativo verso la loro più generale contrazione dimensionale.

Plausibile, quindi, ritenere che da un certo momento in poi i Romani applicarono alle macchine da lancio ruote ad arpioni: ma anche quando ciò avvenne, ad una più approfondita indagine, risulta una cooptazione alquanto posteriore rispetto alla originale elaborazione ellenistica del dispositivo. Logico, allora, ascrivere quel ritardo ad una ennesima riluttanza ad adottare una tecnologia più evoluta: difficile, se mai, appurarne le cause. Potrebbe darsi che i tecnici imperiali non disponessero di una sufficiente elasticità mentale per immaginarne i vantaggi, ipotesi poco probabile, oppure non fossero pienamente convinti della loro affidabilità che solo una lunghissima sperimentazione sul campo di battaglia poteva confermare prima di passare alla realizzazione seriale. Questa seconda ipotesi appare più credibile, specialmente tenendo conto che l'apporto bellico delle artiglierie subì un crescendo considerevole negli ultimi secoli dell'Impero, quasi contestualmente allo scadere della sua sicurezza. E' estremamente significativo al riguardo che già: "...Costantino aveva avvertito l'importanza nuova che le tecniche avevano acquistato al suo tempo e con un editto aveva ordinato nell'impero l'apertura di vere scuole d'ingegneria, i cui professori e alunni dovevano essere mantenuti a spese dello Stato.

Anche il trattato sulle macchine da guerra dell'imperatore Giuliano non va considerato come una semplice divagazione letteraria, ma piuttosto come il tentativo di far fronte alle esigenze belliche con lo sviluppo delle macchine.

Un tentativo analogo compì anche l'imperatore Valentiniano; le fonti attestano che

---

42 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica nel tardo impero romano: le macchine da guerra*, in *Dialoghi di archeologia*, N.S. 4, 1982, p. 63.

43 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 63.

nella ricostruzione delle fortezze sul Reno dette un contributo personale: *inventor novorum armorum* è infatti defino da Ammiano, mentro lo Pseduo Aurelio Vittore dice che «*nova arma meditari*»... *L'excursus* di Ammiano sulle macchine da guerra conferma infine che l'interesse per la tecnologia militare era divenuto un fenomeno di proporzioni notevoli... L'impresa partica di Giuliano, come riferisce Ammiano, si distinse proprio per il particolare interesse accordato ad ogni tipo di macchina e di accorgimento bellico. «Mai... in tutto il corso della storia imperiale fu così evidente l'interesse per l'industria bellica, come nella spedizione partica di questo imperatore che era egli stesso autore di una *Mechanicà*....».»"(**44**).

Per valutare quanto detto va ricordato che per le enormi forniture dell'esercito fu indispensabile standardizzare certe produzioni. Pertanto: "...i romani inventarono le grandi fabbriche per la produzione di armi e di indumenti necessari all'equipaggiamento del loro esercito. Se ne conoscono un certo numero, sparse per tutto l'impero, che approvvigionavano i campi situati alle frontiere o all'interno. Ma dire grandi fabbriche vuol dire inevitabilmente tecniche identiche, in modo che tutto questo materiale potesse essere utilizzato dovunque. Sull'argomento abbiamo poche informazioni, ma conosciamo l'esistenza di queste fabbriche, di questi arsenali indispensabili alla sicurezza interna ed esterna dell'impero.

Ma potremmo anche spingerci più in là: in un mondo molto allargato, ma anche molto centralizzato, la tecnica aveva la tendenza a restare stabile, cosa che è la migliore garanzia di una buona amministrazione; scoperte o innovazione erano fattori di turbamento; l'uniformità era lo scotto inevitabile da pagare alla centralizzazione e a una tale organizzazione..."(**45**). Di certo sappiamo che di *fabricae ballistariae* ne esistevano di diverse sul territorio dell'Impero, ubicate ovviamente, tenendo conto dei trasporti dell'epoca, a ridosso delle posizioni strategiche. Nel tardo impero la: "...*notizia Dignitatum* ricorda due di queste *fabricae* situate in Gallia: una ad *Augustodunum*, l'altra nel territorio di Treviri..."(**46**).

Nessuna meraviglia, pertanto, che i reperti di flangie fino ad ora recuperati, ostentino tutti connotazioni simili, prescindendo dalla località di ritrovamento, conferma ulteriore della menzionata standardizzazione. Tuttavia, descrivendo quelli tratti dal relitto affondato dinanzi a Madhia, si sono dovute evidenziare per la loro singolarità due coppie di ruote ad arpioni di arresto, che lasciavano intuire una diversa dinamica produttiva. E' fuor di dubbio che servissero per congegni di catapulte, in particolare per il loro verricello di carica, o forse per la messa in tensione di una matassa, ma è altrettanto certo che tutte e quattro non appartenevano ad una unica arma, per le fin troppo evidenti differenze dimensionali, e, meno che mai, ad un arma costruita in serie o standard. Plausibile, invece, presumere che fossero prototipi campione, componenti da riprodurre per macchine più avanzate, del tipo di quelle già ampiamente sperimentate e perfezionate negli eserciti ellenistici. E la suggestiva ipotesi trovò alla fine degli anni '60 una straordinaria conferma.

Nel corso di una campagna di scavi condotta nei pressi di Efira in Epiro, tra i rude-

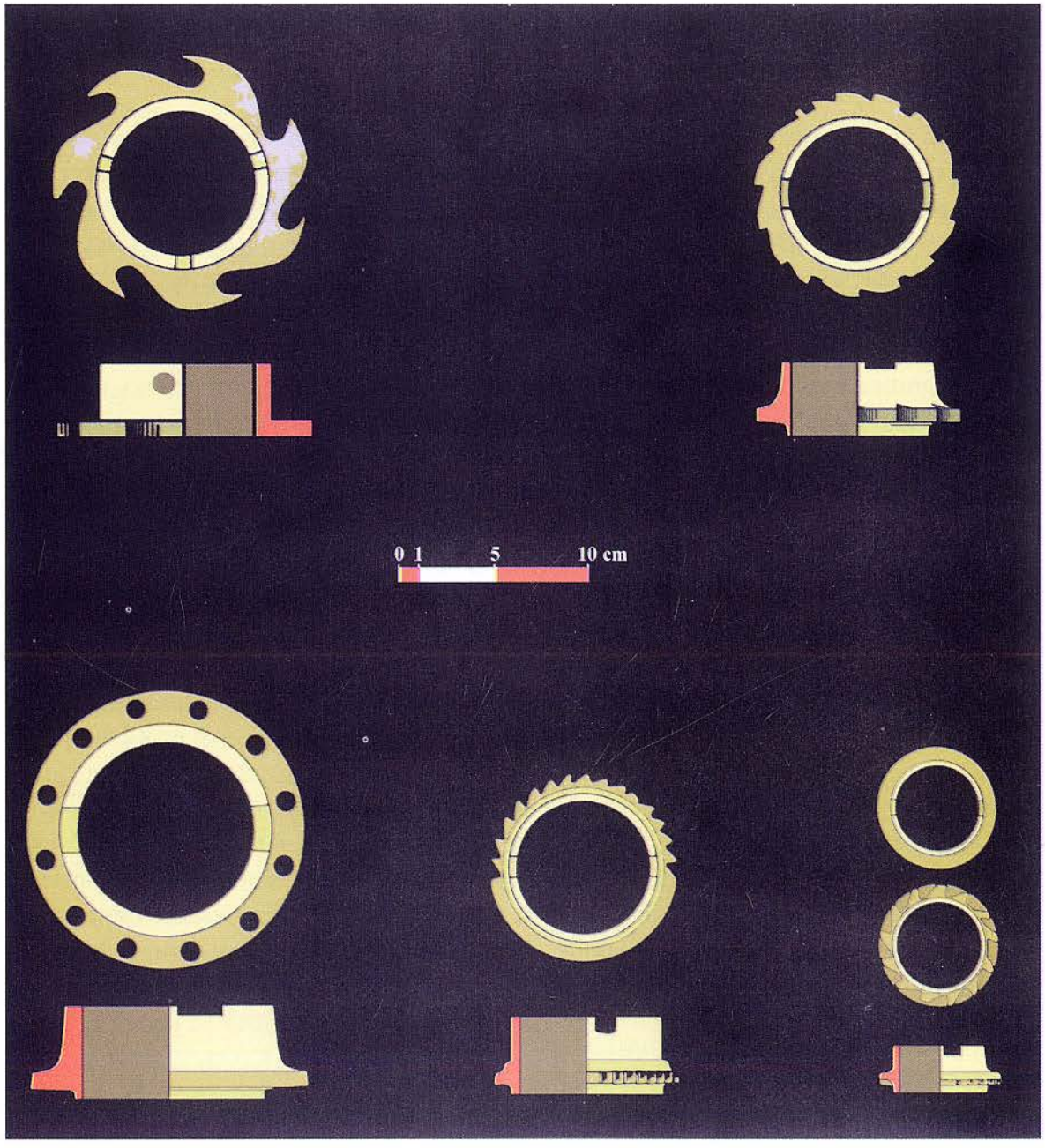
---

44 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p., 80.

45 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit. p. 211.

46 - La citazione del *Not. Dign., Oc., XIX, 33, 38,* è tratta da A. M. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 65, nota 19.

ri di quella che dovette essere una grande torre per artiglieria meccanica, erroneamente identificata come 'l'oracolo dei morti', fu rinvenuto un cospicuo numero di ruote ad arpioni. Estremamente variegato l'assortimento per dimensioni, disegno e criterio informatore: frammiste con loro le tradizionali flangie, esattamente come nella nave di Mahdia. Nessun dubbio, pertanto, che si trattasse di elementi di catapulte di sofistica concezione. Ma in effetti a quale funzione erano concretamente destinate, queste e le consimili recuperate sui fondali del Mediterraneo?



79 - Piante, prospetti e sezioni delle flangie e delle ruote ad arpioni dei diversi ritrovamenti, a confronto: in alto alcune di Efira, in basso quelle di Mahdia.

Ed inoltre a quale tipologia di arma appartenevano con certezza?

Se la prima domanda trova una parziale risposta nella già ricordata eliminazione delle delicate ed ingombranti cremagliere laterali, la stessa spiegazione non può semplicisticamente applicarsi alle ruote minori. Per trovare allora una destinazione plausibile, come pure una sensata risposta al secondo quesito è necessario fare prima un salto cronologico in avanti di qualche secolo per poi tornare al punto di partenza, ovvero a ridosso del II sec. a.C.!

L'apporto di Erone

Un altro illustre scienziato dell'antichità che ebbe un ruolo rilevante nell'ottimizzazione delle catapulte fu Erone di Alessandria. Stando al parere dei suoi maggiori studiosi sarebbe vissuto intorno la fine del II a.C., quindi alquanto dopo rispetto agli altri grandi del settore fino ad ora incontrati. In realtà, però, appare: "...di collocazione cronologica assolutamente incerta... [e] leggendarie sono anche le notizie biografiche..."(**47**). Più precisamente: "...si oscilla fra il I sec. a.C. ed il III d.C... [per] Erone di Alessandria, continuatore della scuola di meccanica fondata da Ctsebio..."(**48**).

Significativamente il suo nome non compare né in Vitruvio né in Plinio, deficienza che potrebbe però imputarsi alla fin troppo stretta somiglianza di intere parti dei loro trattati con la sua opera. Questa, peraltro, sebbene debba considerarsi in sostanza di mole analoga a quelle di Filone ci è giunta in discreto stato di consistenza, salvandosi soprattutto la parte per noi più interessante. In particolare abbiamo il trattato sulla *Meccanica generale ed argani*, sulle *Macchine da guerra* e quello ancora più specializzato sulle *Cheirobaliste*, ovvero sulle artiglierie meccaniche portatili, cioè con dizione moderna *campali*, primo autore a tratteggiarne le caratteristiche peculiari.

Per quanto sappiamo Erone sarebbe stato: "...uomo di umili origini, come Ctesibio, e avrebbe iniziato come ciabattino... [appartenne] con sicurezza alla famiglia dei meccanici di Alessandria... [Nella] *Meccanica*... il trattato è zeppo di problemi pratici. I dati sugli ingranaggi riuniscono la maggior parte delle proposizioni conosciute all'epoca... Tutti problemi di rapporto e di demoltiplicazione sono passati in rassegna e ricondotti in buona parte a problemi di leve... La seconda parte affronta questioni più tecniche, quelle che inferiscono alle cinque macchine semplici, alle cinque catene cinematiche: il verricello, la leva, la puleggia, il cuneo e la vite. Lo studio del verricello è molto sommario: Erone stabilisce la legge di equilibrio tra potenza e peso e fornisce i calcoli elementari sul loro rapporto..."(**49**).

---

47 - Da G. MONACO, M. CASERTANO, G. NUZZO, *L'attività letteraria nell'antica Grecia*, Firenze 1999, p. 646.

48 - Da A. GARZYA, *Storia della letteratura greca*, Torino 1979, p. 298

49 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 190.

Già da questi primi elementi emerge la riscontrata competenza di Erone sulle ruote dentate e sulle loro potenzialità meccaniche, nonché la sua indiscussa capacità a collegarle insieme secondo una logica cinematica. Nella terza parte della stessa opera spicca, tra i tanti, un emblematico suggerimento rivolto ai costruttori di artiglierie: avrebbero dovuto evitare l'impiego di chiodi nell'assemblaggio di componenti di legno, assi e travi di legno, perché così facendo se ne comprometteva la resistenza delle fibre e la durata. Circa il trattato sulle artiglierie sebbene sia: "...meno completo di quello di Filone, è invece più dettagliato.

> *I nostri predecessori* -egli scrive- *hanno, è vero scritto molto sulla balistica, tuttavia nessuno di loro indica in modo conveniente né i procedimenti di costruzione delle macchine da guerra, né il modo di impiegarle in maniera soddisfacente, essendo abitudine degli autori di scrivere per lettori che essi suppongono già informati su tutti i dettagli.*

Effettivamente in Erone è descritta ogni parte di ciascuna macchina, e ne sono date le dimensioni. Ma questa descrizione non ci permette di cogliere nessun dettaglio in maniera veramente precisa a proposito di queste macchine... I principi che regolano il funzionamento di tutte queste macchine sono analoghi... «Lo scopo della balistica -precisa il nostro meccanico- è di lanciare un proiettile in modo da colpire, ad una grande distanza, un oggetto situato in una data direzione.»... La macchina doveva essere perfettamente mobile, dunque smontabile e trasportabile. Tutte le dimensioni dovevano essere standardizzate, perché i pezzi consunti o rotti potessero essere facilmente sostituiti. Filone era già convinto di questa necessità. Per ciò che concerne dimensioni e proporzioni, il metodo è sempre lo stesso... determinazione di un modulo e formule per ricavare tutte le dimensioni... «Il diametro dell'apertura che fa passare il tenditore è il punto di partenza: è dunque il tenditore che è il principio e fondamento di tutto il resto». Erone aggiunge la formula per le macchine che lanciano frecce, che Filone aveva fornito. Il modulo, sempre determinato dal diametro del tenditore, deve essere eguale al nono della lunghezza del dardo, cioè

$$d = L/9$$

Così per la freccia di tre cubiti il modulo doveva essere di otto dita. Anche qui Erone ci rivela un interessante atteggiamento mentale. «Bisogna sapere che il valore delle dimensioni è stato determinato con l'esperienza». Non si trattava dunque di formule ricavate teoricamente... Erone precisa che c'è voluto molto tempo per trovare questi risultati: «Poco a poco si è giunti a costruire macchine potenti e ben congegnate» (**50**).

In apparenza le prescrizioni citate sembrerebbero ribadire, con marginali migliorie, quanto già perfettamente noto e risaputo. In realtà, però, Erone introduce dei concetti radicalmente nuovi, a loro volta gravidi di conseguenze, esplicite ed implicite. La stan-

---

50 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., p. 193.

dardizzazione, ad esempio, richiede esplicitamente che le componenti di un'arma destinate ad una specifica funzione siano tutte identiche fra loro, e quindi intercambiabili, prescindendo dal luogo di fabbricazione, criterio al presente alla base di qualsiasi produzione industriale. Il che, però, costringe implicitamente a realizzarle in metallo, bronzo o ferro, unica maniera che consente l'impiego di matrici o sagome prestabilite. In tale concezione il legno si riserva soltanto alle parti strutturali elementari. Inoltre, l'illustre tecnico, ribadendo che un'artiglieria del genere dovesse essere facilmente smontabile e riassemblabile, senza però l'impiego dei chiodi, lascia motivatamente concludere che aveva già costruito macchine con telaio di ferro, perfettamente idonee all'impiego campale, ed alla movimentazione su ruote.

Non è, pertanto, affatto casuale che la sua *cheirobalista* somigli moltissimo alla carrobalista romana, l'unica artiglieria elastica di cui disponiamo di numerose ed indubbie raffigurazioni, in particolare nei bassorilievi della colonna di Traiano. Per cui si può supporre che i tecnici imperiali, dopo una lunga sperimentazione, accertata la bontà della macchina di Erone, l'avessero adottata per l'artiglieria legionaria. Per renderne più spedito il maneggio avrebbero abolito le cremagliere laterali e, molto probabilmente, anche le flangie: al posto delle prime una grossa ruota ad arpioni, con leva di disimpegno in ferro; al posto delle seconde coppie di ruote ad arpioni più piccole, da posizionare sopra e sotto i supporti delle matasse. Coerente, perciò, presumere che: "...l'ultimo perfezionamento importante nella progettazione delle catapulte risale all'epoca romana tarda, quando il ferro fu sostituito come materiale da costruzione al legno. Quest'innovazione rese possibile una riduzione nelle dimensioni, un aumento dei livelli di sollecitazione e una maggiore libertà di corsa per i bracci dell'arco. La catapulta poté ora essere montata su ruote e spostata con facilità da una parte all'altra del campo di battaglia in risposta alle mutevoli esigenze della lotta. La nuova struttura aperta semplificò anche il puntamento, che nelle macchine anteriori in legno era stato assai ridotto specialmente per bersagli mobili e vicini..."(**51**). Infatti: "...rispetto alle antiche catapulte standard, come quella descritta da Vitruvio che possedeva solo una piccola apertura attraverso cui guardare e aveva il grave inconveniente che l'artigliere, per prendere la mira, doveva muovere la macchina più o meno ad occhio, sperando che l'obiettivo fosse visibile attraverso l'apertura, la *cheiroballistra* di Erone e le balliste del tardo impero avevano il grosso vantaggio di potersi allineare istantaneamente al bersaglio, essendo molto larga la 'finestra' attraverso cui l'artigliere poteva osservare l'area del territorio nemico..."(**52**). Quanto fosse angusta la fessura per la mira nelle artiglierie descritte da Vitruvio lo testimonia la già ricordata piastra di Cremona della IV Legio Macedonica.

---

51 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 95.

52 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 67.

Ruote ad arpioni

Come già accennato, gli scavi archeologici ci hanno restituito una certa quantità di arpionismi di arresto in bronzo di vari diametri e fogge, ma tutti chiaramente e sicuramente destinati alle catapulte. Volgarmente noti come ruote a crik, o saltaleoni, sono ancora di impiego corrente in innumerevoli congegni per consentire la rotazione in un unico senso, bloccando quella retrograda: così negli orologi a molla da polso, così negli argani delle gru. In prima approssimazione i menzionati reperti non differiscono, eccezion fatta per gli arpioni lungo il bordo della ghiera, dalle solite flange: identica la svasatura, identici i due collarini asimmetrici, identico infine l'alloggiamento per la sbarretta. Perfettamente compatibile perciò con la funzione della torsione delle matasse, sebbene curiosamente di tale loro impiego non se ne rintracci esplicita testimonianza o prescrizione.

Abbiamo in precedenza evidenziato che nelle catapulte le ruote ad arpioni andarono a sostituire, da un certo momento in poi, le cremagliere a denti di arresto laterali, trasferendo la funzione di bloccaggio di sicurezza dalla slitta al tamburo del verricello, consentendogli perciò di ruotare nel solo verso di carica. Rendendo quadrate le estremità dell'albero del tamburo sarebbe stata conseguita la solidarietà con siffatte ruote: il condizionale è d'obbligo non essendoci pervenuta nessuna componente del verricello. Come se non bastasse tutte le ruote del genere rinvenute, oltre una decina, appaiono predisposte per l'innesto della sbarretta, dettaglio che sembrerebbe confermarne l'impiego nella torsione delle matasse. Paradossalmente, invece, mentre i trattatisti ci certificano l'effettiva adozione di ruote ad arpioni nei verricelli, tacciono completamente per quella nelle matasse.

Il dubbio che deriva da tale incongruenza induce a formulare una ipotesi alternativa circa il probabile fissaggio sull'albero. Mantenendo per lo stesso sempre la configurazione cilindrica la solidarietà con la ruota, o le ruote, sarebbe stata ottenuta prendendo spunto dai mozzi delle ruote dei carri. In altre parole nell'alloggiamento del collarino sarebbe andato ad incastrarsi una sbarretta di ferro fatta passare in un apposito foro attraverso l'albero stesso. Si spiegherebbe così la somiglianza con le flangie ed al contempo quella con i mozzi.

Sorprende ancora delle suddette ruote la forte escursione dei loro diametri interni: potrebbe trattarsi di una conseguenza del doversi adattare ad alberi già esistenti di disparata dimensione, ma potrebbe pure rapportarsi alla grandezza delle matasse. Per restare alla prima ipotesi, quando l'albero del verricello era costituito da un cilindro appena più piccolo del tamburo, soluzione precipua delle macchine maggiori e più potenti, ovvero delle *litobole*, le ruote ad arpioni si riducevano ad una semplice corona dentata. Quando invece l'albero era molto più piccolo del relativo tamburo, come nelle macchine *oxibile*, le ruote ad arpioni ostentano una ghiera più ampia. In entrambi i casi si tratta di impostazioni tecnicamente corrette per una piena affidabilità del dispositivo.

I Romani, stando a Vitruvio, realizzarono tali ruote in ferro, dando agli arpioni la forma di denti triangolari: dal che una forte somiglianza con un moderno disco di sega circolare. Il dettaglio, apparentemente insignificante, consentiva però di disimpegnarla tramite un arresto a leva, con la sola mano sinistra, evitando di imprimerle con la destra alcuna ulteriore rotazione, indispensabile con gli arpioni ricurvi.

Tra i reperti di Efira esistono anche ruote ad arpioni munite di ben tre alloggiamenti sulla corona, disposti a 120° fra loro. Essendo chiaramente inidonei per l'innesto sull'albero del verricello, deve necessariamente concludersi che sostenessero matasse divise in tre fasci, o tre matasse che si intrecciavano fra loro come in una fune.

Ciò premesso la coppia di arpionismi di arresto semidentati di Madhia, simmetrici fra loro e di discreto diametro interno, lascia dedurre l'impiego sul verricello. In pratica cioè le due ruote sarebbero state disposte ad entrambe le estremità dell'albero sfalsate fra loro di 180°. La curiosa presenza degli arpioni soltanto su metà della ghiera deve rapportarsi ad una tipologia sperimentale nella quale il caricamento dell'arma avveniva senza far girare a 360° gli aspi del verricello. Impiegando soltanto due leve, tirando con la mano destra la prima si impartiva la parziale rotazione all'albero, mentre con la mano sinistra si riportava indietro, senza resistenza, la seconda leva. La sequenza si ripeteva subito dopo invertita. La modalità alternativa, appena descritta, avrebbe potuto essere attuata anche con ruote ad arpioni interamente dentate, ma in tal caso in fase di ritorno le leve strofinando continuamente sugli arpioni ne avrebbero provocato un rapido degrado.

Il vantaggio derivante dalla trasformazione di un movimento rotatorio in uno alternativo sarebbe stato un minor ingombro della macchina e la facoltà di poggiarla direttamente sulla muratura senza alcun affusto e senza doverla spostare per ricaricare, opportunità che non ebbero nemmeno le migliori balestre medievali. Senza contare che un dispositivo di caricamento del genere sarebbe riuscito particolarmente utile nelle macchine il cui telaio poggiava direttamente per terra, rendendo così impossibile la rotazione degli aspi. Fu questo il caso degli onagri che in seguito esamineremo. Di certo in quel modo si realizzava un dispositivo simile alle attuali chiavi a scatto, indispensabili per lavorare in ambiti ristretti.

Una ulteriore precisazione richiede pure la seconda coppia di arpionismi d'arresto di Madhia, quella di piccolo diametro con la dentatura coperta dalla svasatura della flangia. Le modeste dimensioni delle ruote inducono a ritenere anch'esse destinate ad un albero di verricello, del tipo però a diametro ridotto rispetto al tamburo. La stranissima ed unica, almeno fino ad ora, disposizione degli arpioni, lascia supporre che tali ruote facessero anch'esse parte di un modello sperimentale o con sofisticate peculiarità. Il ricavare l'arpionismo al di sotto della ghiera sembra potersi ascrivere all'inserimento delle suddette ruote all'interno di una apposita scatola munita di dente d'arresto, incastrata nel fusto dell'arma ed attraversata dall'albero.

In tal modo il dispositivo di bloccaggio sarebbe stato protetto dalle inclemenze ambientali, dalla polvere, e soprattutto dalla sabbia, o dal ghiaccio, soluzione ideale per artiglierie destinate ad operare in teatri nordafricani, o nordeuropei dove appunto le tem-

peste di sabbia, o le tormente, avrebbero facilmente inceppato l'uso di quei delicati congegni.

Come già evidenziato, l'ampia escursione del diametro delle ruote ad arpioni e la loro configurazione geometrica suggerisce anche un altro impiego, privo però di qualsiasi riscontro. Tanto i doppi collarini quanto gli alloggiamenti sul superiore di essi per la sbarretta, sembrerebbero confermare la supposizione innanzi esposta circa l'adozione di ruote ad arpioni al posto delle flangie delle matasse nelle macchine di minor potenza. Il funzionamento di torsione iniziale e registrazione divenne così automatico e spedito senza che però ne venisse stravolto il criterio informatore. Non occorreva più agire sui perni, svellendoli ed infilandoli negli appositi buchi, compiendo gli arpioni la medesima funzione ogni decina di gradi di torsione. Dal punto di vista meccanico tuttavia è indubbio che le flangie sopportavano sollecitazioni notevolmente superiori delle suddette ruote, cooperando al loro bloccaggio dai due ai quattro perni di ferro contro l'unico dente di bronzo sollecitato a trazione di quest'ultime. Certamente sarebbe stato possibile incrementarne la tenuta aumentandone le dimensioni e quasi certamente qualcosa del genere dovette avvenire, ma non ne abbiamo alcuna testimonianza. Probabile pure l'impiego di entrambi i sistemi per un'unica matassa, con al di sopra la ruota ad arpioni al di sotto la flangia tradizionale.

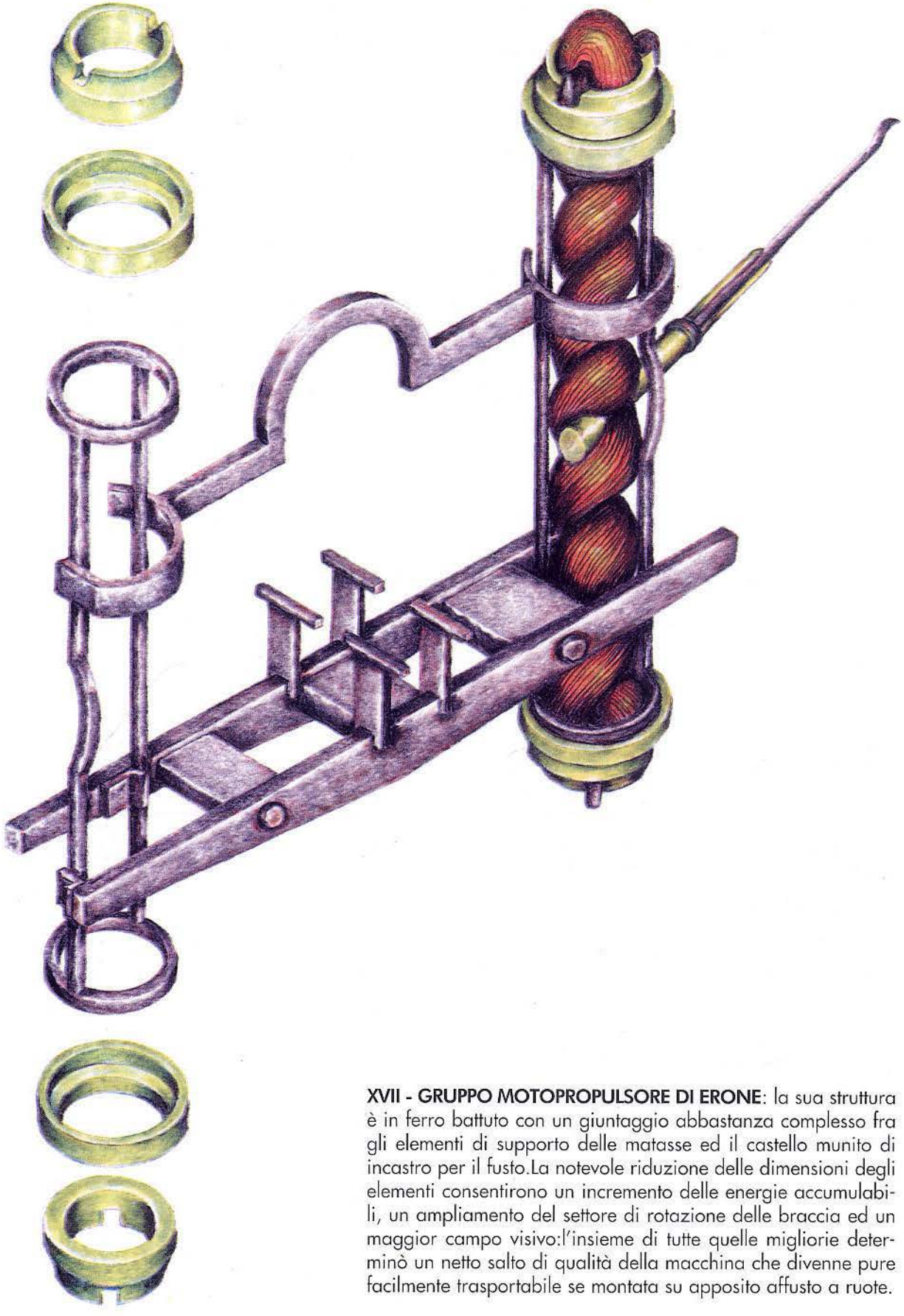
Significativamente i contenitori cilindrici in latino *campestria* (**53**)- presenti nelle carrobaliste romane, posti a protezione della matasse dalle intemperie e dai colpi nemici, ostentano in sommità delle cupolette semisferiche, o coniche, perfettamente idonee a contenere un delicato dispositivo siffatto. La sua adozione, infine, non solo avrebbe accelerato le procedure di bilanciamento ma avrebbe reso velocissima persino la sostituzione di una intera matassa con i relativi supporti. In tal caso sarebbe stato senza dubbio quello il perfezionamento più importante degli ultimi due secoli, un vero salto di qualità per l'intera tipologia delle artiglierie meccaniche.

Le artiglierie ruotate

La notevole leggerezza consentita dalla struttura di ferro ed il conseguente contenimento delle dimensioni a fronte di un rilevante potenziamento delle prestazioni, permisero di munire quel tipo di arma di un affusto ruotato. La catapulta di Erone, perfezionata ulteriormente dai tecnici romani, si evolse in una macchina mobile di straordinaria potenza. L'inconfondibile artiglieria, rappresentata diverse volte nella Colonna Traiana, sia in configurazione statica su cavalletto, che mobile su affusto a due ruote, era pur sempre la macchina di Erone.

---

53 - Per approfondimenti al riguardo cfr. E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillerytechnical treatises*, Oxrford 1999, pp. 218-227.



XVII - GRUPPO MOTOPROPULSORE DI ERONE: la sua struttura è in ferro battuto con un giuntaggio abbastanza complesso fra gli elementi di supporto delle matasse ed il castello munito di incastro per il fusto.La notevole riduzione delle dimensioni degli elementi consentirono un incremento delle energie accumulabili, un ampliamento del settore di rotazione delle braccia ed un maggior campo visivo:l'insieme di tutte quelle migliorie determinò un netto salto di qualità della macchina che divenne pure facilmente trasportabile se montata su apposito affusto a ruote.

Stando ai bassorilievi la sofisticata catapulta appare sempre dotata di cilindri metallici di protezione per le matasse: impossibile però stabilire se gli stessi fossero un semplice contenitore infilato sull'ossatura di ferro dei gruppi motopropulsori, o non già essi stessi dei robusti elementi portanti. Per molteplici ragioni l'ipotesi più probabile sembrerebbe la seconda: in tal caso i cilindri sarebbero stati realizzati con lamiera di ferro nelle macchine per impiego difensivo, più riparate dalle intemperie, ed in bronzo per quelle campali.

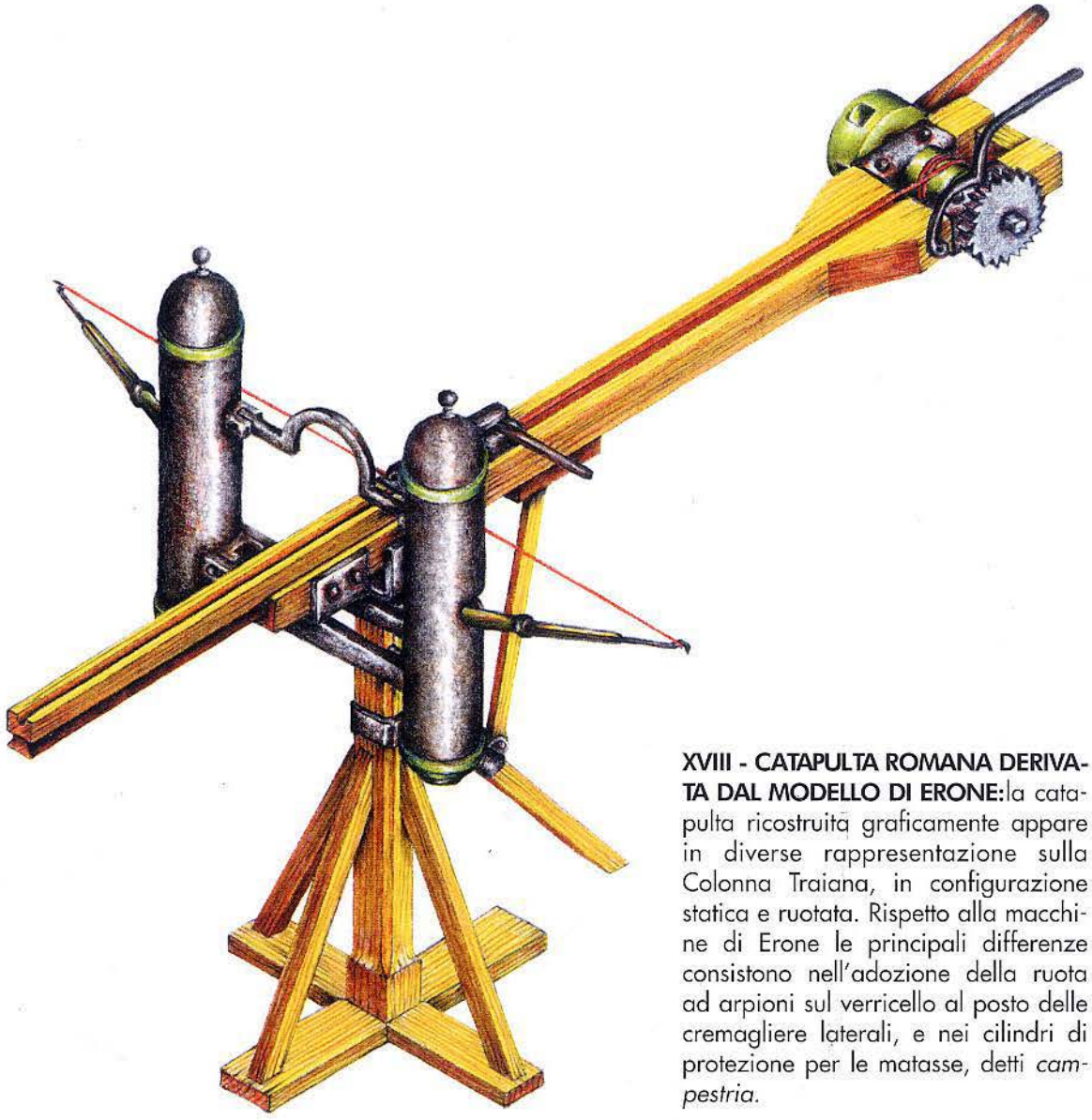
Tornando alla raffigurazione: "...essa è piazzata su un treppiede o è montata su un carro apposito, fornito anche di cassetta per le munizioni (carroballista) trainato da muli... La ballista era affidata ad un *contubernium* (8 uomini) e lanciava un missile, a grossa punta piramidale, con gettata e forza di penetrazione notevolissime..."(**54**).

---

54 - Da L. ROSSI, *Rotocalchi di pietra. Segni e disegni dei tempi sui monumenti trionfali dell'Impero Romano*, Milano 1981, p. 54.

80 - Stralcio Colonna Traiana raffigurante una catapulta del tipo di quella di Erone, su affusto statico con i cilindri di protezione per le matasse.

81 - Stralcio della Colonna Traiana raffigurante una catapulta in allestimento ruotato, con relativa cassetta per le munizioni. La posizione dei legionari lascia supporre che il suo tiro potesse effettuarsi direttamente sull'affusto a ruote, senza dover modificare la sua configurazione.



XVIII - CATAPULTA ROMANA DERIVATA DAL MODELLO DI ERONE: la catapulta ricostruita graficamente appare in diverse rappresentazione sulla Colonna Traiana, in configurazione statica e ruotata. Rispetto alla macchine di Erone le principali differenze consistono nell'adozione della ruota ad arpioni sul verricello al posto delle cremagliere laterali, e nei cilindri di protezione per le matasse, detti *campestria*.

Con l'introduzione della carrobalista l'artiglieria meccanica acquisiva così un impiego anche campale superando il tradizionale limite dell'impiego statico precipuo del teatro ossidionale. Le grandi unità tattiche romane in breve tempo se ne dotarono con una inedita abbondanza, specialmente lungo le interminabili linee fortificate europee. Stando a Flavio Renato Vegezio, infatti:

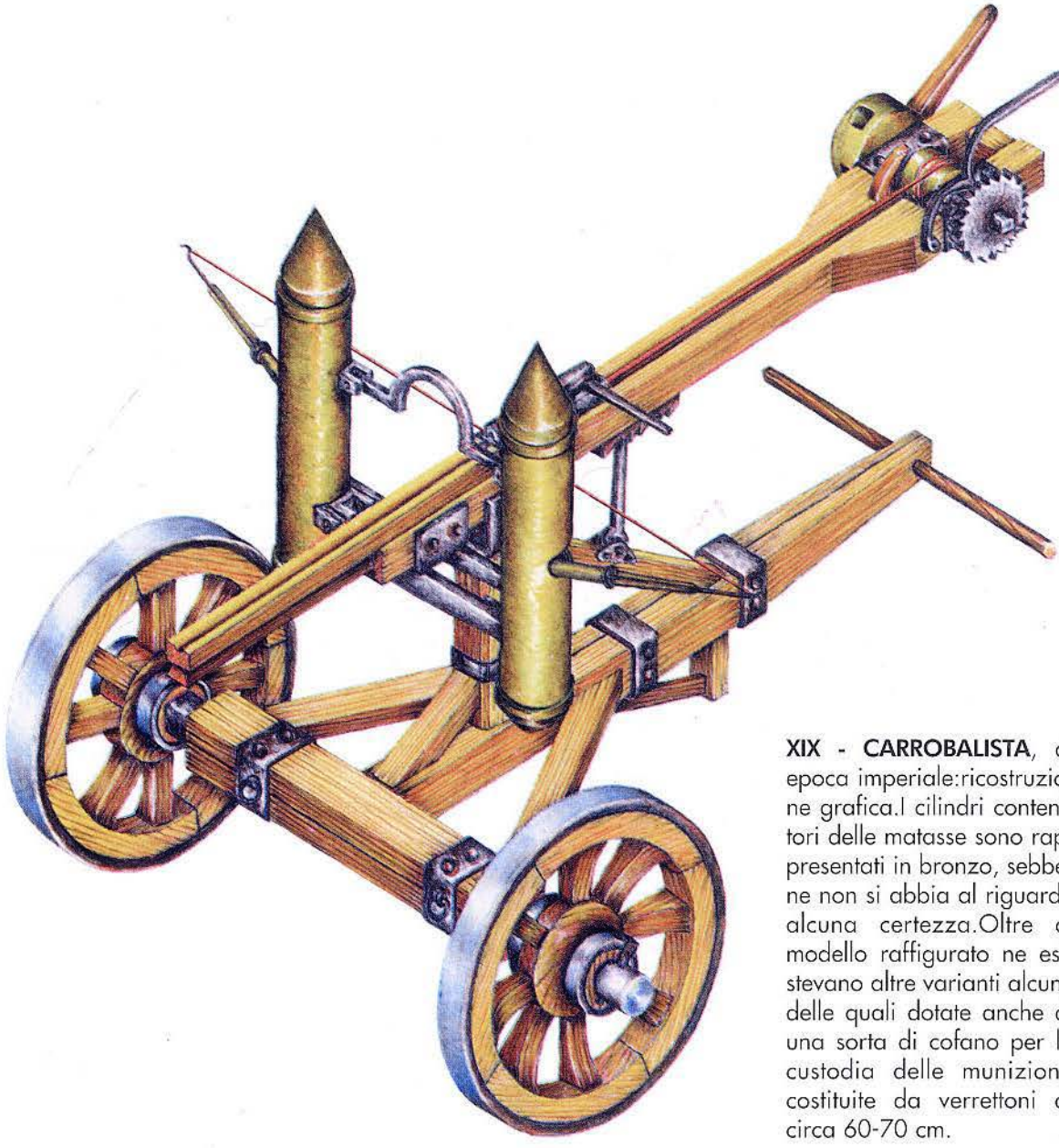
> *"Fu consuetudine... avere in ogni centuria un carrobalestra, al quale si assegnavano muli per il traino e una squadra di undici uomini per il funzionamento e per condurlo in battaglia.*
>
> *Questi carri, quanto maggiore fosse la loro stazza, tanto più violentemen-*

te ed a grande distanza scagliavano i dardi. Non soltanto difendevano gli alloggiamenti, ma in campo aperto venivano posti dietro la linea dell'«armatura pesante». Al loro attacco non possono far fronte né cavalieri nemici, né fanti con gli scudi.

In ogni legione, in particolare, c'erano cinquantacinque di queste «balestre», come anche dieci onagri per lanciare grandi pietre; in sostanza, uno per ogni coorte, trasportati su carri tirati da buoi, allo scopo di difendere gli alloggiamenti con pietre e sassi, nel caso che i nemici attaccassero i rifugi." (**55**)

---

55 - Da FLAVIO RENATO VEGEZIO, *L'arte militare*, a cura di A. ANGELINI, Roma 1994, p. 76.



XIX - CARROBALISTA, di epoca imperiale:ricostruzione grafica.I cilindri contenitori delle matasse sono rappresentati in bronzo, sebbene non si abbia al riguardo alcuna certezza.Oltre al modello raffigurato ne esistevano altre varianti alcune delle quali dotate anche di una sorta di cofano per la custodia delle munizioni, costituite da verrettoni di circa 60-70 cm.

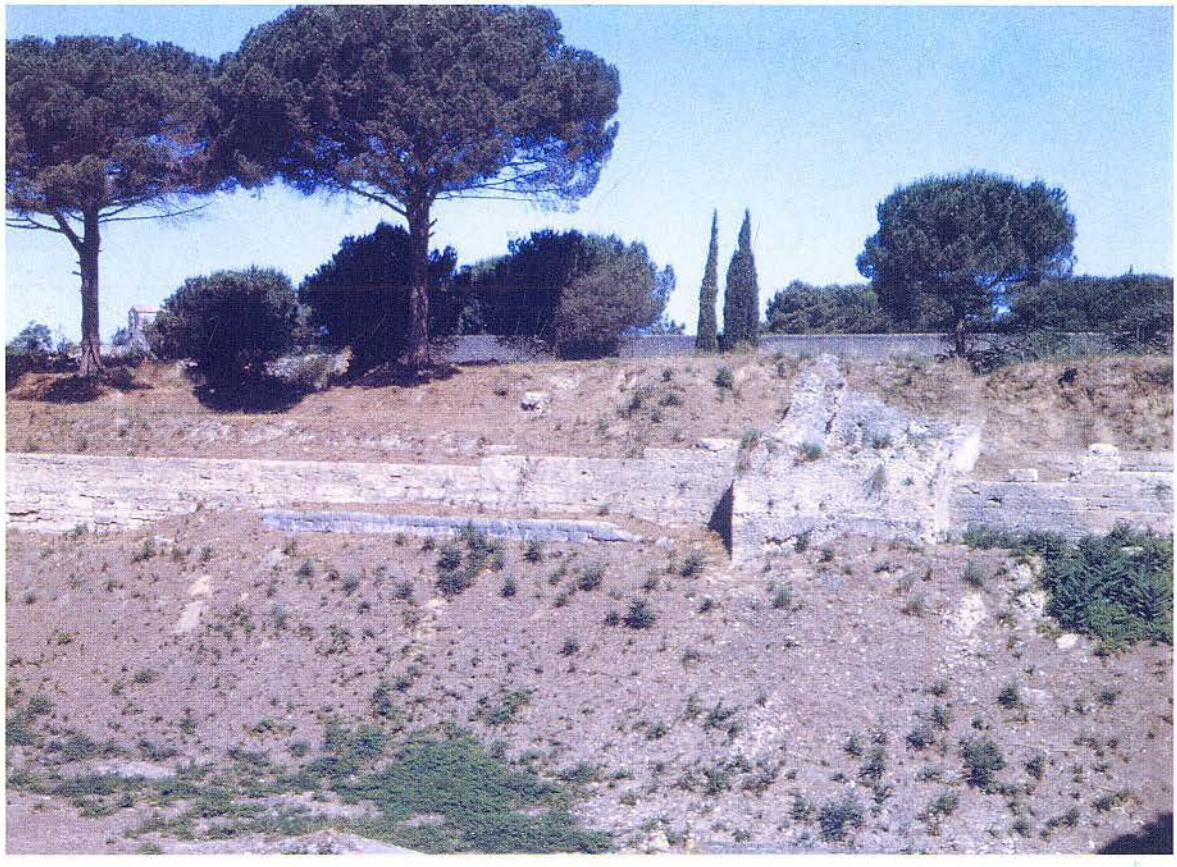
La carrobalista, tra le tante novità ne aveva introdotta anche una di tipo linguistico destinata a permanere fino ai giorni nostri. In apertura del precedente capitolo si era evidenziato che il termine catapulta, in origine, definiva la macchina che scagliava dardi e ballista, invece, quella che scagliava palle. Corrispondenza che rimase immutata fin quasi al II secolo d.C.. Nel successivo pur continuando non fu però altrettanto tassativa, poichè, sempre più spesso col nome di balista, o *ballista*, si indicavano macchine destinate a lanciare frecce e verrettoni. Nel: "...IV secolo gli autori ci informano che ormai il termine *ballista* e i suoi composti *arcuballista, carroballista* e *manuballista* erano riferiti a macchine di artiglieria destinate esclusivamente al lancio di frecce..."(**56**).

Prestazioni balistiche

La nave affondata dinanzi Mahdia, come evidenziato, trasportava oltre alle componenti in bronzo per catapulte, un considerevole numero di sculture in bronzo ed in marmo. Provenivano, quasi certamente, dal saccheggio compiuto ad Atene dalle legioni di Silla

---

56 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 66.

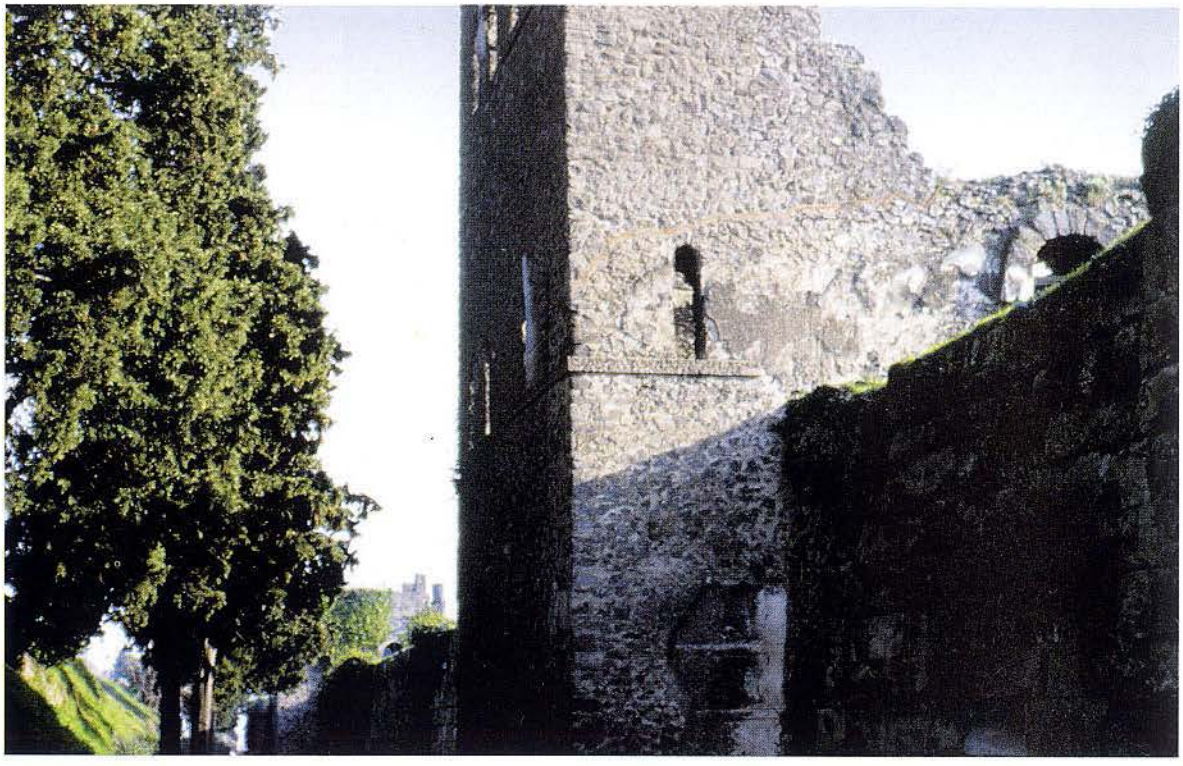


82 - Pompei, scorcio delle mura: la cerchia è ancora quella greca, l'aggere invece è di tipo italico-sannita. La torre è di fattura romana.

nell'86, strascico della guerra sociale che aveva sconvolto l'Italia pochi anni prima. A scatenarla le giuste recriminazioni dei popoli assoggettati da Roma. I Sanniti, forti del malcontento generale, avevano finito per porsi alla testa di una coalizione mirante ad abbatterne il dominio. Nel: "...91 a.C., dopo aver rafforzato affrettatamente le mura delle città con torri, Pompei e Ercolano si unirono ad altre città italiche per insorgere contro Lucio Cornelio Silla, uomo brutale, aggressivo e senza scrupoli al comando delle legioni romane, il quale dopo aver ristabilito la minacciata autorità del senato, si accinse ora a marciare contro i ribelli.

A Stabia, a due ore appena di cammino da Pompei, egli si scontrò con l'esercito avverso condotto dal sannita Ponzio, tra le file del quale combattevano numerosi Pompeiani. I Romani lo tagliarono in due e Stabia fu devastata... Dopo la resa incondizionata [di Ercolano]... la legione vittoriosa si ricongiunse all'esercito di Silla, e sul finire della primavera dell'89 a.C., questi marciò su Pompei. I Romani attaccarono la città dal lato nord, scagliando una gragnola di pietre sul tratto di mura compreso fra la Porta Vesuvio e la Porta Ercolano.

83 - Pompei, scorcio del tratto di cerchia investita dall'esercito di Silla. Il suo scavo fu effettuato negli anni trenta sotto la guida di Amedeo Maiuri.



84 - Pompei, scorcio della sezione settentrionale delle mura con i resti di una torre.

85 - Pompei, parte sommitale della torre precedente, parzialmente ricostruita fino al suo coronamento.

86 - Pompei, tipica torre di epoca romana.

Seguì un attacco in forza, che tuttavia fu respinto. Per ben due volte i Romani coperti di sangue dovettero ritirarsi dalle mura e dalle torri di Pompei. La città resistette dall'estate del 89 fino all'inverno dell'88... le case situate in prossimità delle mura di fortificazione e le mura stesse soffrirono danni..."(**57**).

---

57 - Da E. CORTI, *Ercolano e Pompei*, Torino 1963, pp. 30-32.

Alla fine anche Pompei dovette arrendersi, scampando però fortunosamente alla devastazione subita invece da Ercolano. I vincitori infatti non infierirono sulla città, ed anche quando Silla, tornato dalla vittoria riportata su Mitriate in Grecia, volle procedere ad una epurazione le condizioni finali si risolsero in sostanza in favore della stessa che entrò da quel momento a far parte a pieno titolo della romanità. Vi si registrò, in breve volgere, una florida e vistosa ripresa economica, testimoniata da uno sviluppo edilizio straordinario. Anche le mura urbiche vennero restaurate e potenziate perdendo la loro tipica impronta greca, grazie all'adozione di criteri architettonici squisitamente romani.

Curiosamente, però, lungo la tratta nord, quella investita violentemente dalle legioni nell'89, i lavori non ebbero una identica consistenza, o se la ebbero in pochi anni subirono un impressionante degrado. Le mura dai giorni dell'investimento sillano non avevano ricevuto particolari attenzioni: la trascuratezza ha, tra le spiegazioni ufficiali, la percezione diffusa nei Pompeiani che spendere denari per nuove difese fosse del tutto ingiustificato. Al massimo sarebbe bastato un veloce restauro essendo comunque utili contro i predoni nel corso della notte.

Eppure è facilmente intuibile quale potesse essere la loro condizione dopo settimane di lanci di pietre e dardi e dopo diversi assalti legionari: sovrastrutture schiantate, merlature divelte, spalti diroccati e torri brecciate, nonostante la rinomata solidità delle fortificazioni greche(**58**). Le baliste si erano accanite senza sosta contro di loro, colpendo, di tanto in tanto e solo per sbaglio, anche la sottostante cortina realizzata con grossi conci parallelepipedi di tufo compatto.

Trascorsero così i mesi seguenti alla resa, e trascorsero pure gli anni immediatamente successivi: mentre i lavori alla restante parte della cerchia si erano da tempo compiuti, quelli alla tratta nord invece non andarono mai oltre il puro mantenimento statico. Le cicatrici dell'investimento ossidionale restarono lì, appena attutite dalla inesorabile abrasione del tempo, dall'attacco della vegetazione, dal degrado dei materiali. Impossibile non dubitare che tanta trascuretezza non sia stata l'esito di una precisa volontà politica. Si volle forse lasciare così un chiaro ed inequivocabile monito ai suoi abitanti per il futuro? Si ritenne inutile sprecare altri denari nel restauro di una fortificazione reputata ormai superflua? Forse meno gloriosamente ma più verosimilmente, anno dopo anno, a nascondere quelle tristi testimonianze provvidero involontariamente gli stessi cittadini ammassando lungo quella tratta cumuli di rifiuti, fino a seppellirla completamente in un ermetico sudario che la protesse con ogni suo dettaglio per i successivi 190 anni.

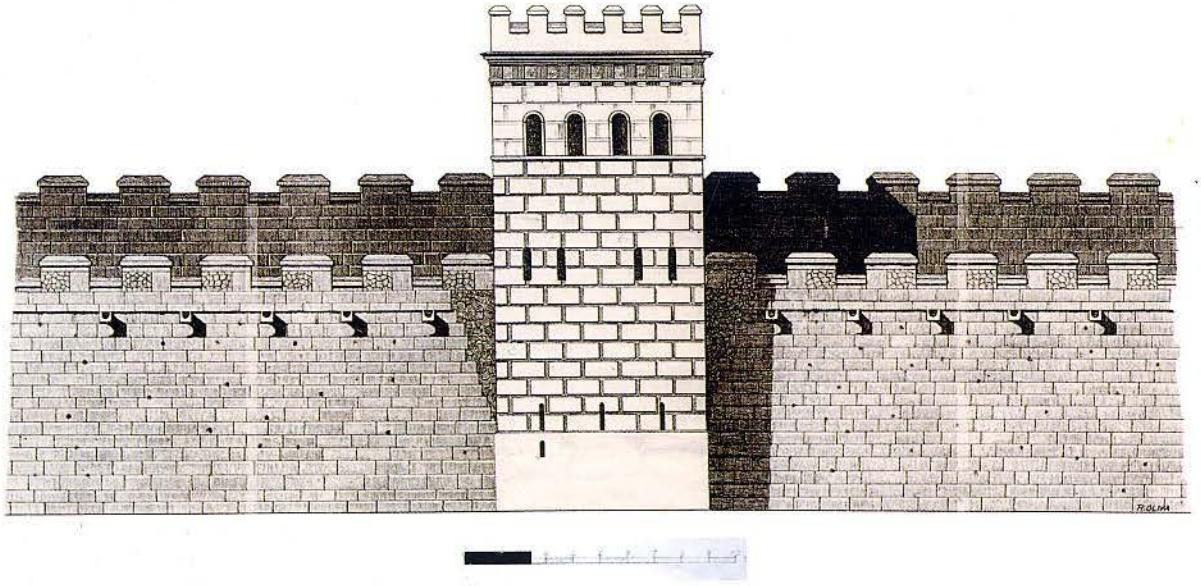
La sequenza citata non avrebbe di per se nulla di straordinario risapendosi di centinaia di città che nello stesso scorcio storico, o in altri persino più remoti, subirono la medesima sorte. Molte di loro non riemersero mai dall'oblio; molte altre, invece, non solo risorsero ma divennero ancora più splendide. In entrambe le circostanze le rispettive fortificazioni perimetrali o scomparvero disgregate dalla natura o scomparvero aggiornate dall'uomo. In nessun caso le tracce della violenza bellica restarono, e se, per uno straordinario fenomeno, qualcuna sopravvisse non è mai possibile stabilire con certezza a quale tipo di impatto balistico, ed a quale epoca, debba ascriversi. Non esiste, infatti, alcuna dif-

---

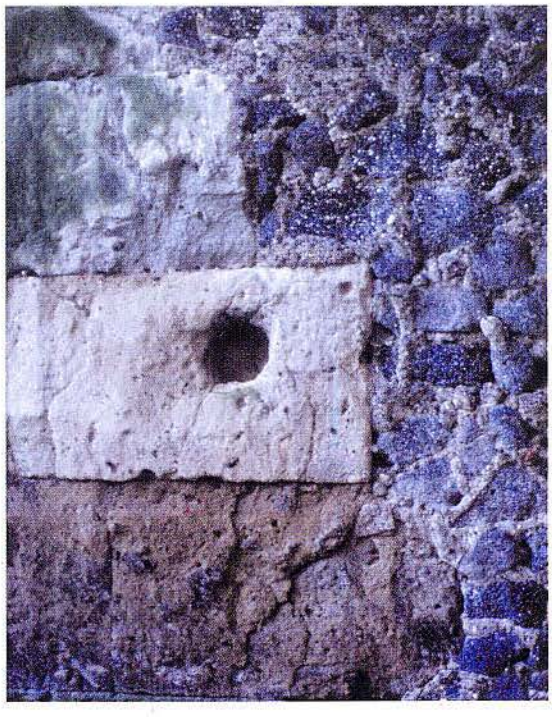
58 - In merito cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura*, vol. I, in corso di stampa.

ferenza tra l'impronta lasciata da una palla di pietra scagliata da una arcaica artiglieria a polvere e quella scagliata da una evoluta artiglieria meccanica.

Non così a Pompei, dove una serie eventi congiurò ad un diverso destino per quelle malconce mura: nel 79 d.C. la conclusione ad opera del Vesuvio. Venti secoli di letargo sotto una coltre impenetrabile di lapilli ed il risveglio fra le due guerre mondiali, sotto i picconi degli scavatori. Esaurita la rimozione dei rifiuti vulcanici, poi di quelli umani, riapparvero i grossi blocchi di tufo con tutte le loro ferite.



87 - Pompei, rilievo originario del muro appena scavato: ben evidenti le indicazioni dei maggiori impatti balistici presenti sullo stesso, unico caso al mondo così indubbio ed abbondante.



Nessun dubbio sulla natura dei tanti fori e dell'epoca: decine di essi, con diametro oscillante fra i 30 mm ed i 150, stavano nitidamente impressi, nei conci della cerchia di Pompei, testimoniando eloquentemente la terribile potenza raggiunta dall'artiglieria elastica già un secolo prima di Cristo. Soffermandosi se ne scorgono alcuni che penetrano nella compatta massa del blocco per quasi 100 mm, con contorni talmente netti da sembrare impressi da un maglio; altri che hanno addirittura lesionato il blocco stesso, pesante alcuni quintali.

88 - Impronte proietti sferici

89 - Impronte proietti sferici

90 - Impronte proietti sferici

91 - Impronte proietti a testa piatta o smussata

92 - Impronte proietti sferici

93 - Impronte proietti a testa piatta o smussata

94 - Impronte di palle di grosso calibro

95 - Impronte di proietti di piccolo e medio calibro

Ed ancora è agevole osservare l'impronta semisferica che tramanda in negativo la palla che la produsse, ma anche molti fori cilindrici, quasi che fossero stati causati da proietti smussati, simili a sezioni rette di piccole colonne. Potrebbe essere questa la conferma dell'ipotetico impiego di proietti non sferici per i tiri in depressione, od anche a puntale piatto, i famosi 'bolzoni' di dimensione gigante, per le demolizioni: difficile al momento saperlo meglio, ma non da escludere per il futuro. La città, infatti, ha restituito centinaia di palle per artiglierie elastiche di qualsiasi calibro, e tra di esse alquante di forma significativamente allungata, e potrebbe ancora riservare qualche ulteriore sorpresa al riguardo, a patto di saperla distinguere.

Da quanto rilevato a Pompei, da quanto fin qui appreso nei trattati degli antichi progettisti, da quanto rinvenuto archeologicamente è possibile tracciare un breve ragguaglio balistico sulle prestazioni delle artiglierie a torsione. Sebbene le fonti siano al riguardo ampiamente discordanti è fuor di dubbio che macchine in ottime condizioni di servizio e con idoneo munizionamento fornissero gittate massime dell'ordine dei 400 m, di cui soltanto un paio di centinaia sicuramente efficaci e, forse, di questi appena la metà a tiro realmente teso. Convalidano del resto l'affermazione tutte le recenti ed accurate ricostruzioni di tali armi, tanto per quelle destinate al lancio di dardi, quanto per quelle al lancio di palle.

Sotto il profilo bellico pur essendo, senza dubbio, la tipologia *litobola*, o *petrobo-*

la, quella dagli effetti più spettacolari e devastanti anche l'*oxibola* non va affatto sottovalutata, ad onta della estrema rarità di testimonianze materiali sugli effetti dei suoi tiri. Nei rari reperti anatomici pervenutici di vittime la cui uccisione può con certezza ricondursi ai loro dardi, come il cranio rinvenuto a Madle Castle, la terribile violenza dell'impatto è testimoniata da un eloquente foro quadrato, completamente privo di slabbrature e di fratture contigue.

96 - Reperto osteologico di un cranio trapassato da una cuspide di verrettone: perfettamente evidente la sua sezione quadrata.

Fori del genere richiedono energie cinetiche residue enormi, tanto più che spesso avvennero dopo lo sfondamento dell'elmo.

Quale potesse essere la tremenda efficacia delle artiglierie meccaniche a torsione è desumibile dalla narrazione del solito Flavio Giuseppe, relativa all'assedio di Gerusalemme. Rievocava così lo storico:

> *"... tutte le legioni disponevano di magnifici ordigni, ma specialmente la legione decima, che aveva catapulte più potenti e baliste più grosse con le quali non solo respingevano le sortite, ma battevano anche i difensori sulle mura. Scagliavano pietre del peso di un talento e avevano una gittata di due stadi e più; i loro colpi abbattevano non soltanto i primi ad essere raggiunti ma anche quelli che stavano più dietro per largo tratto. I giudei*

dapprincipio schivarono i proiettili perché erano di pietra bianca, e perciò non soltanto erano preannunciati dal sibilo, ma si scorgevano da lontano per la loro lucentezza. Le loro sentinelle collocate sulle torri, quando l'ordigno veniva scaricato e partiva il proiettile, davano l'allarme gridando nella loro lingua: «Arriva il figlio». Subito quelli su cui stava per piombare si sparpagliavano e si gettavano a terra, sì che il proiettile li sorvolava senza causar danni e cadeva alle loro spalle. Allora i romani ricorsero all'espediente di colorare il proiettile di nero, e poiché così non era più tanto facile scorgerlo da lontano, essi piazzarono molti colpi e facevano molte vittime insieme con un sol colpo... "(**59**).

Ora risapendosi che l'unità ponderale greca detta 'mina' corrisponde circa a g. 436, e che un 'talento' era pari a 60 mine, le macchine in questione scagliavano palle di circa 26 kg, del diametro, quindi, di oltre 25 cm: non erano perciò i massimi calibri innanzi ricordati, ma probabilmente le artiglierie più convenienti, razionale sintesi di una ragguardevole pesantezza di tiro e di una discreta manovrabilità. Quanto alla loro gittata, corrispondendo lo stadio a circa 185 m, superava abbondantemente i 350 m.

Tra le righe dello Storico affiorano anche alcune attente impressioni che ci consentono interessanti puntualizzazioni: innanzitutto trova piena conferma l'ipotesi che con i grossi calibri non si mirasse al singolo individuo ma alle sovrastrutture, per privare i difensori della loro copertura. Inoltre compare, per inciso, una esplicita menzione circa la prima adozione in ambito bellico, volutamente perseguita, di colorazione mimetica per proietti. Il dettaglio per noi più interessante concerne però il sibilare delle palle in avvicinamento che ce ne lascia dedurre la notevole velocità. In particolare stimando che la distanza intercorrente tra le batterie e le mura, ovvero tra i punti di lancio e d'impatto delle palle, veniva percorsa da quelle nel medesimo tempo impiegato dalle sentinelle per dare l'allarme, cioè per pronunciare freneticamente 5-6 sillabe, la loro velocità doveva attestarsi intorno ad una ottantina di m/sec, valore affatto insignificante.

Sebbene le grandi baliste avessero gruppi motopropulsori sostanzialmente identici a quelli delle piccole catapulte, fatte salve ovviamente le debite dimensioni, nulla accomunava le rispettive dinamiche offensive, a cominciare dalla energia cinetica residua. Infatti mentre i dardi, come pure le palle di piccolo calibro, al termine di una traiettoria tesa, cedevano impattando sul bersaglio tutta l'energia residua del lancio, non così le grandi sfere di pietra. Esse, scagliate con una direttrice prossima ai 45°, esaurivano salendo l'energia di lancio, riacquistandola, però, in buona parte durante la ricaduta, per cui al termine di una traiettoria parabolica impattando sul bersaglio gli cedevano una dose appena inferiore all'iniziale. A prima vista la differenza sembra irrilevante, ed in effetti lo era, se la quota delle catapulte e delle baliste coincideva con quella dei bersagli. Cambiava, e di molto, invece, allorquando risultava sensibilmente maggiore. In tal caso, con la direttrice in depressione, mentre l'incremento della forza viva dei dardi si dimostrava trascurabile quello delle palle

---

59 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra giudaica*, a cura di G. Vitucci, Verona 1978, vol. II, p. 231-V, 6.

si accresceva vistosamente. Ne conseguiva una netta tendenza a piazzare, quando possibile, le baliste in punti eminenti, anche a costo di improbe fatiche per condurvele. Non a caso una delle caratteristiche precipue di siffatte artiglierie consisteva nella loro discreta mobilità, ottenuta tramite l'adozione di un affusto su telaio a quattro ruote.

Quanto in precedenza esposto circa le caratteristiche meccaniche delle artiglierie a torsione, ed in particolare dei congegni adottati per agevolarne il caricamento, lascia ipotizzare, ovviamente per i calibri medio-piccoli indifferentemente se di catapulta o di balista, cadenze di tiro dell'ordine di una decina di colpi l'ora, risultato, ancora una volta, affatto insignificante. Una batteria di appena quattro pezzi che avesse concentrato i tiri su di una ristretta sezione di mura l'avrebbe, in pochi minuti, completamente sguarnita di difensori, con conseguenze ossidionali immaginabili. Eccone, ancora una volta, un preciso riscontro nelle pagine del solito attentissimo cronista dell'assedio di Gerusalemme:

> *"Così essi* [i Romani] *appressarono maggiormente le catapulte e gli altri ordigni lanciamissili per colpire quelli che dall'alto del muro cercavano di far resistenza, e aprirono il tiro... Sotto questa gragnola di colpi nessuno osò affacciarsi sul muro... "*(**60**).

Ed ancora più in dettaglio:

> *"Gli uomini di Giuseppe, sebbene cadessero gli uni sugli altri colpiti dalle catapulte e dalle baliste, tuttavia non si ritiravano dal muro, ma con fuoco, ferro e pietre bersagliavano quelli che al riparo dei graticci azionavano l'ariete. Però concludevano poco o nulla, e ne morivano in continuazione perché loro erano in vista mentre gli avversari restavano in ombra; infatti essi, illuminati dai loro stessi fuochi, offrivano un nitido bersaglio ai nemici, come di giorno, e poiché da lontano le macchine non si vedevano era difficile scansare i loro proiettili. La violenza delle baliste e delle catapulte abbatteva molti uomini con lo stesso colpo, e i proiettili sibilanti scagliati dall'ordigno sfondavano parapetti e scheggiavano gli spigoli delle torri. Non v'è schiera di combattenti così salda che non possa essere travolta fino all'ultima riga dalla violenza e dalla grossezza di tali proiettili. Si potrebbe avere un'idea della potenza dell'ordigno da ciò che accadde quella notte; infatti ad uno degli uomini che stavano sul muro attorno a Giuseppe un colpo staccò la testa facendola cadere lontano tre stadi* [oltre 500 m]. *Sul far del giorno una donna incinta, appena uscita di casa, venne colpita al ventre e il suo piccolo venne proiettato alla distanza di mezzo stadio: tale era la forza della balista. Più pauroso degli ordigni era il rombo, più spaventoso dei proiettili il fragore... "*(**61**).

---

60 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. I, p. 521.

61 - Da FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra...*, cit., vol. I, p. 527.

Gruppi motopropulsori alternativi

Nonostante i notevoli progressi segnati dall'artiglieria a torsione rispetto a quella a flessione, molte limitazioni e deficienze permanevano insolute nell'ambito dell'affidabilità complessiva e della stabilità delle prestazioni di siffatte macchine. Tanto per esemplificare, persino dopo l'adozione dei cilindri di protezione nelle carrobaliste, bastava una pioggia appena più intensa e prolungata, o un'aria satura di umidità, per decurtarne vistosamente le potenzialità. E, fenomeno inevitabile, l'elasticità delle matasse, specialmente nelle macchine più moderne, tendeva rapidamente a decadere, imponendone regolari e ravvicinate sostituzioni. In entrambe le iatture l'inadeguatezza riguardava sempre i gruppi motopropulsori e la loro concezione. I tecnici, peraltro, ne erano perfettamente consapevoli ma non disponevano della soluzione per antonomasia, ovvero di materiali con caratteristiche costanti nel tempo e refrattari ai fattori ambientali.

Per la verità i più acuti fra loro avevano elaborato accumulatori energetici di concezione alternativa, e, per quanto se ne sa, li avevano anche realizzati con risultati positivi. Disgraziatamente, però, la conoscenza dell'epoca pur permettendone la costruzione ne frustrava la manutenzione per mancanza di personale qualificato. Ed il più sofisticato di quei congegni finì, e fu il caso migliore, trasformato in pompa antincendi della quale, se non altro, andarono fieri i vigili del fuoco imperiali! La singolare vicenda ci obbliga ancora una volta ad una digressione.

Tra i più coinvolti in quel genere di ricerche spicca la figura di Ctesibio, ritenuto il fondatore della scuola dei meccanici alessandrini. Di lui: "...abbiamo solo scarse notizie: lo conosciamo attraverso qualche rara citazione dei suoi epigoni, contemporanei o successivi. Vitruvio, nel primo libro della sua opera, lo cita, con Archimede, come uno degli autori essenziali per la formazione degli ingegneri, e tra i meccanici più celebri dell'antichità. A quell'epoca la sua opera scritta non era ancora andata perduta. Il personaggio è misterioso. Apparterrebbe alla prima metà del III secolo: sarebbe dunque un contemporaneo di Archimede. Era di umili origini, figlio di un barbitonsore stabilitosi in un sobborgo di Alessandria. Egli avrebbe manifestato, giovanissimo, attitudini per la meccanica: la sua opera scritta sembra sia stata di notevole importanza: essa è per noi completamente perduta. Dobbiamo dunque limitarci a citare le 'invenzioni' che gli sono state attribuite... E' a Ctesibio che si dovrebbe l'organo idraulico... Filone e Vitruvio ci forniscono una buona descrizione della pompa aspirante e premente... [perfettamente] conosciuta. Secondo Vitruvio i pistoni erano levigati al tornio, lucidati e lubrificati con olio. Non sappiamo nulla della fabbricazione dei cilindri, che era certamente più complessa... [Gli venne anche attribuita] una macchina chiamata *chalkeuton* (fatta di bronzo), in cui la corda [cioè: la matassa di corde di una balestra a torsione n.d.A.] di una balestra è sostituita da una molla di metallo, che non poteva essere tuttavia d'acciaio, materiale poco conosciuto a quell'epoca, e un'ultima chiamata *aeròton,* che è infatti una macchina ad aria

compressa che serviva a tendere una molla e non a essere utilizzata direttamente. Era costituita da cilindri di bronzo battuto, lavorati al tornio, dalla superficie spianata a regola d'arte, muniti di pistoni..."(**62**).

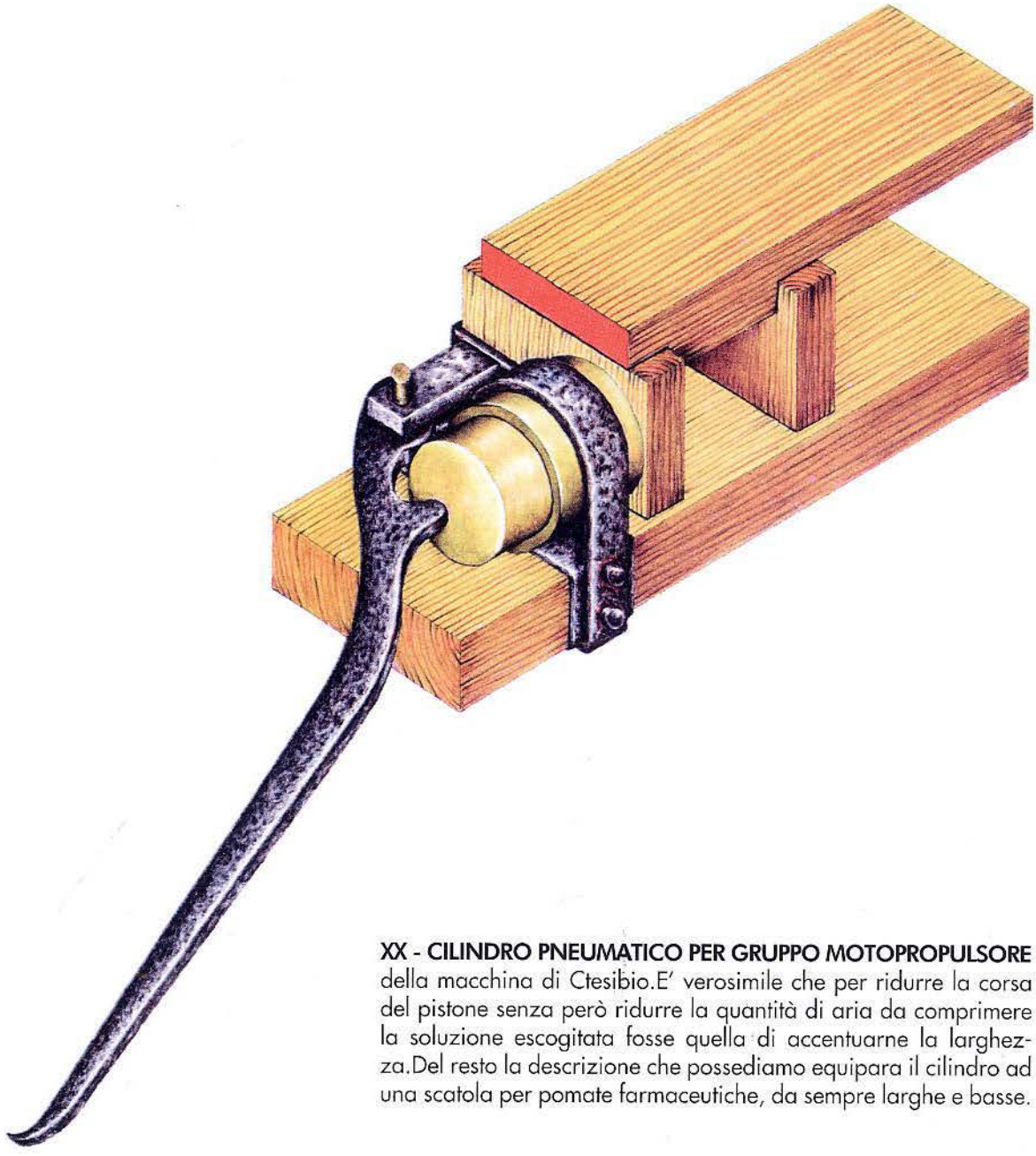
Da quanto confusamente esposto appare evidente che l'ingegnere alessandrino si cimentò nel complesso problema di trovare una alternativa alle matasse elastiche, utilizzando dapprima delle molle di bronzo e quindi, forte della sua esperienza di studioso e costruttore di macchine pneumatiche, dei cilindri con pistoni: non a caso gli viene attribuito un trattato al quale si sarebbe ispirato Filone di Bisazio per redigere il suo *Pneumatiche*, pervenutoci attraverso la traduzione araba. E' certo, comunque, che i dispositivi per l'impiego di molle di bronzo o di stantuffi pneumatici al posto delle matasse elastiche da lui progettati: "...comprendevano bracci rigidi che ruotavano su un asse in prossimità del loro estremo più interno; questi bracci erano incurvati in modo tale che, quando l'arco veniva teso, premevano o su molle di bronzo martellato o su pistoni che scorrevano all'interno di cilindri a perfetta tenuta d'aria. Ma né la compressione delle molle di bronzo (le quali sono ovviamente inferiori sotto la maggior parte dei punti di vista, a molle d'acciaio) né la compressione della piccola quantità d'aria che può essere contenuta nei cilindri potevano fornire una forza paragonabile a quella dell'arco a torsione. (Nella sperimentazione di queste idee, Ctesibio scoprì che dal cilindro assieme al pistone da lui forzato in esso con un martello, usciva del «fuoco». La fiamma o il fumo erano forse prodotti dall'accensione della colla da carpentiere da lui usata per ottenere una perfetta tenuta..."(**63**).

Per fornire un credibile riscontro circa le potenzialità conseguibili con i gruppi pneumatici, partendo proprio dall'effetto termico rilevato, ed ovviamente non compreso, da Ctesibio si deve ipotizzare una compressione interna ai cilindri pari a quella di un motore Diesel, ovvero a circa una trentina di atmosfere. La forza agente pertanto su di un singolo pistone con diametro di 15 cm, dimensione plausibile, sarebbe stata di circa 5.300 kg. Il valore sarebbe asceso a circa 9.400 per un diametro di 20 cm: con matasse di identico diametro nel primo caso si sviluppavano, ovviamente ben al di sotto del limite di snervamento, forze di oltre 15.000 kg, e nel secondo di oltre 30.000. Evidente, quindi, l'enorme differenza fra le energie accumulabili con i due sistemi, almeno sotto il profilo dimensionale: il che non significava affatto che quello a torsione fosse migliore di quello pneumatico dal punto di vista militare. Ad ogni modo, quest'ultimo si deve supporre costituito dall'adattamento di una coppia di cilindri, muniti di relativi pistoni a perfetta tenuta mediante fasce elastiche, privi però di valvole di scarico, ad entrambe le braccia di una macchina a torsione.

---

62 - Da B. GILLE, *Storia...*, cit., pp. 183-184.

63 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 92.



XX - CILINDRO PNEUMATICO PER GRUPPO MOTOPROPULSORE della macchina di Ctesibio.E' verosimile che per ridurre la corsa del pistone senza però ridurre la quantità di aria da comprimere la soluzione escogitata fosse quella di accentuarne la larghezza.Del resto la descrizione che possediamo equipara il cilindro ad una scatola per pomate farmaceutiche, da sempre larghe e basse.

La loro rotazione, ottenuta sempre tramite una corda arciera tesa con un verricello, avrebbe spinto violentemente i pistoni all'interno dei cilindri comprimendo sempre più fortemente l'aria racchiusavi, fino alla sua massima densità, fatta coincidere con la fine della corsa della slitta.

Liberando la corda con il tradizionale dispositivo a forcella, l'aria non più contrastata nei cilindri espelleva in maniera esplosiva i pistoni, che a loro volta scaricavano la spinta sulle braccia dell'arma. Stando alla testimonianza di Filone la forma di quei cilindri ricordava una scatola per pomate farmaceutiche, quindi di diametro -più propriamente *alesaggio*- molto maggiore dell'altezza -*corsa*- dettaglio che si attaglierebbe perfettamente al compito richiesto.

La vicenda lascia alquanto perplessi circa la sua effettiva veridicità: fu realmente realizzato quel dispositivo, frutto di una geniale intuizione, o non si deve ascrivere piuttosto ad una moderna interpretazione suggestionata dall'attuale tecnologia? E' sensato ritenere che intorno al III sec. a.C. si potessero realizzare gruppi cilindri -pistoni talmente precisi da mantenere l'aria compressa abbastanza a lungo per consentire siffatte esperienze?

Una prima risposta affermativa ci viene proprio dal dettaglio, all'epoca non solo imprevedibile ma del tutto misterioso, del fumo uscente dalle guarnizioni dei pistoni estratti dopo una verifica di prova effettuata spingendoli nei cilindri con un colpo di mazzola. Solo comprimendo l'aria rapidamente ad una notevole pressione è possibile ottenere quel fenomeno. Si trattava, e Ctesibio non poteva assolutamente immaginarlo, della prima manifestazione sperimentale della legge di stato dei gas, la stessa che sta alla base del funzionamento del motore Diesel. Qualche incertezza, tuttavia, permane circa la congruità culturale di un congegno tanto sofisticato.

Per dirimere anche quegli estremi dubbi è interessante ricordare un singolare *accendino* impiegato nel sudest asiatico da alcune popolazioni primitive. Si tratta: "...di un vero e proprio piccolo congegno meccanico, consistente in un cilindro di vario materiale (legno duro, corno, avorio) entro il quale scorre verticalmente, a tenuta perfetta d'aria uno stantuffo di analoga materia, terminante in un pomello che permette di afferrarlo saldamente fra due dita. Lo stantuffo reca nella parte inferiore un minuscolo alloggiamento, tacca o cavità, entro cui è assicurata un'esca. Quando si preme con energia lo stantuffo dall'alto in basso, facendolo penetrare di colpo fino in fondo al cilindro, l'aria non può sfuggire all'esterno e viene repentinamente compressa provocando un istantaneo innalzamento di temperatura nel minuscolo ambiente chiuso: l'esca si accende..."(**64**). Il dispositivo di Ctesibio, quindi, anche per livelli culturali più arcaici risulta non solo realizzabile ma persino concepibile. Quanto alla sua catapulta, sempre secondo Filone, funzionò discretamente per qualche tempo ma poi, sorte comune a tutte le armi troppo avanzate, finì irreversibilmente dismessa, esattamente come un'altra singolare macchina, una antesignana artiglieria automatica a tiro rapido.

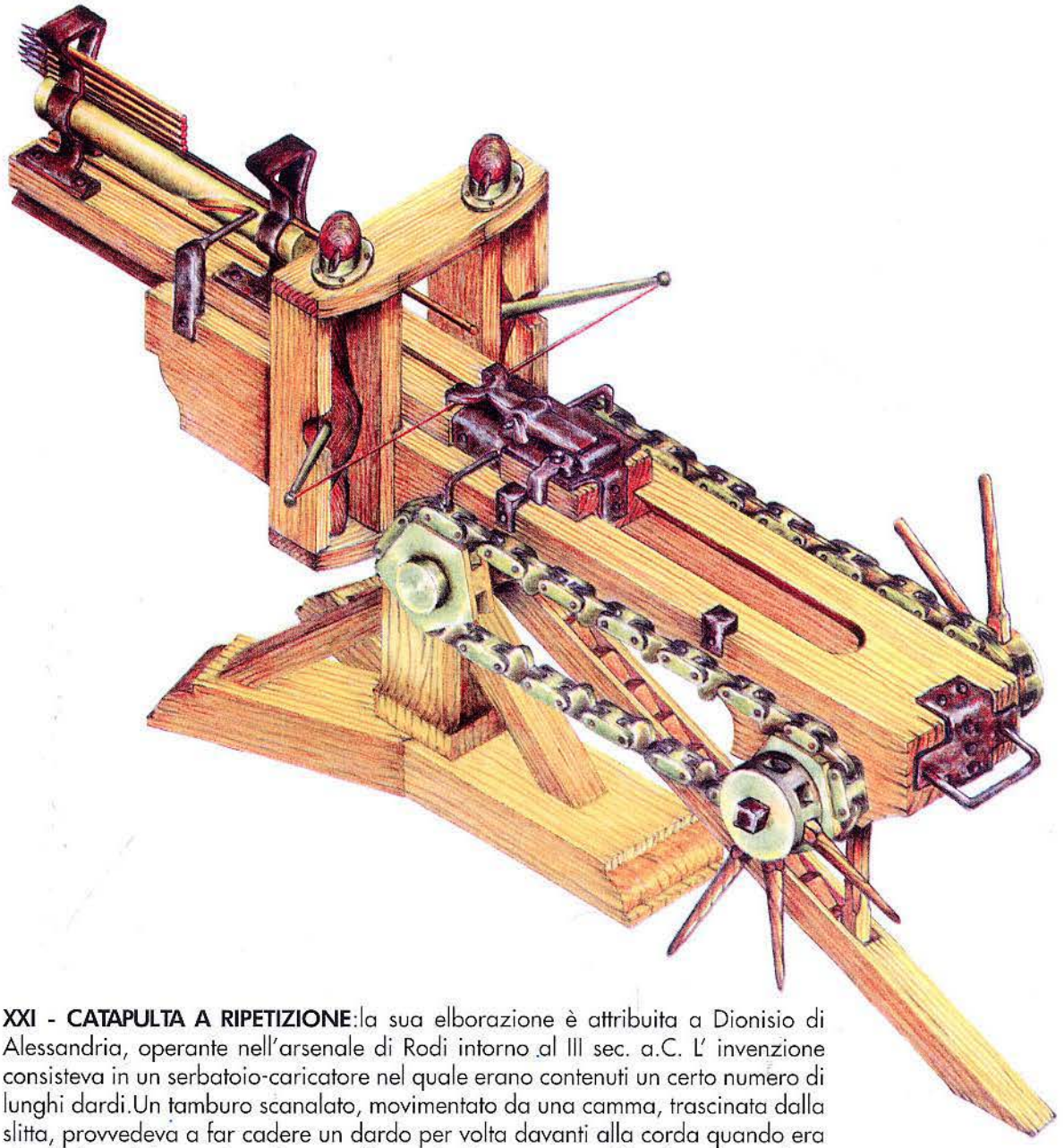
Artiglieria a ripetizione

Sempre a ridosso dello stesso arco storico, Filone di Bisanzio colloca un'altro complicatissimo perfezionamento ideato per rendere il tiro delle catapulte a torsione di gran lunga più rapido ed a ripetizione. Il dispositivo è attribuito a Dionisio di Alessandria, che risulta all'epoca operante nell'arsenale di Rodi. La sua macchina, come del resto anche quella appena descritta di Ctesibio, funzionava perfettamente, forse addirittura troppo imputandosi il suo abbandono appunto ad un eccesso di efficienza!

Il congegno consisteva in un serbatoio, nel quale era contenuto un discreto numero di dardi, in un dispositivo di alimentazione a tamburo ed in una catena di movimentazione.

---

64 - Da V.L. GROTTARELLI, *Ethologica...*, cit., vol. II, pp. 391-392.



XXI - CATAPULTA A RIPETIZIONE:la sua elborazione è attribuita a Dionisio di Alessandria, operante nell'arsenale di Rodi intorno al III sec. a.C. L' invenzione consisteva in un serbatoio-caricatore nel quale erano contenuti un certo numero di lunghi dardi.Un tamburo scanalato, movimentato da una camma, trascinata dalla slitta, provvedeva a far cadere un dardo per volta davanti alla corda quando era al massimo della tensione.Sempre sfruttando il movimento della slitta veniva fatta sollevare ed abbassare la forcella per caricare e scaricare l'arma.La trasmissione del moto avveniva mediante una doppia catena a galle con denti interni, simile a quella di una moderna motosega.

In pratica: "...le frecce venivano alloggiate in un caricatore o serbatoio verticale alimentato a gravità e quindi trasferite una per volta nella scanalatura di tiro per opera di un tamburo rotante il cui moto era controllato da un sistema a guida eccentrica azionato dalla slitta..."(**65**).

---

65 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 92.

La descrizione dell'arma lasciataci da Filone, come facilmente comprensibile, non è redatta per fugare ogni dubbio mancandole tra l'altro un apposito glossario tecnico ed uno specifico taglio analitico. Nessuna meraviglia, pertanto, che se per alcuni studiosi il suddetto caricatore sarebbe stato fissato al fusto dell'arma con il relativo tamburo, mentre la camma della guida sarebbe invece stata solidale con la slitta, per altri sarebbe avvenuto il contrario. Il testo qui più che mai appare contorto, tranne che nell'asserire la posizione posteriore del tamburo e la sua lunghezza di poco eccedente quella della corsa della slitta. Ora non vi è alcun dubbio che affinché la rotazione del tamburo possa avvenire la sua lunghezza deve eccedere quella della corsa della slitta, prescindendo dalla sua collocazione e dall'essere fisso o mobile. Le parole dell'Autore, comunque, ricordandolo ubicato all'estremità posteriore della macchina, sembrerebbero avvalorare la tesi della sua staticità. Tuttavia risulta più credibile, in quanto meccanicamente più facile, l'opposto, ovvero che tanto il caricatore che il tamburo siano stati solidali con la slitta mentre la camma con il fusto e quindi fissa. La ricostruzione della tavola XXI si attiene a questa seconda ipotesi.

Venendo al funzionamento concreto dell'arma: "...un singolo moto del verricello controllava il tamburo, la slitta, il meccanismo di agganciamento e di scatto, cosicché era sufficiente far ruotare il verricello avanti e indietro per mantenere in azione la macchina sino allo svuotamento del caricatore. Qui fece per la prima volta la sua comparsa la catena a maglie piane, spesso attribuita a Leonardo. Le maglie della catena avevano presumibilmente sporgenze che andavano a inserirsi negli interstizi di un ingranaggio inverso..."(**66**). In altri termini la catena, molto simile peraltro a quella delle moderne motoseghe, disponeva di denti interni che ingranavano nei vuoti di un rocchetto motore pentagonale e di uno simile di rinvio.

Circa il perché di tale curiosa scelta geometrica deve correlarsi alla medesima logica dei giunti dei cerchioni nelle ruote dei carri: si preferiva il numero dispari per evitare che due di loro si trovassero in posizione diametrale indebolendo perciò l'intera ruota. Nella fattispecie due alloggiamenti per i denti della catena ricavati a 180° avrebbero finito per svuotare il rocchetto, privandolo della necessaria solidità: il pentagono sarebbe stato la prima figura geometrica dispari con i lati congrui alle dimensioni delle maglie della catena. Sempre in merito a quest'ultima è interessante ricordare che, stando ancora a Filone, Dionisio la realizzò con elementi di legno di quercia rivestiti di lamiera di ferro, e sempre di ferro ne fece pure le 'pinne' che ingranavano nei rocchetti. Dal punto di vista balistico la sua cadenza di tiro doveva attestarsi intorno ad una media di un colpo ogni paio di minuti: ben poca cosa rispetto alle nostre armi automatiche ma certamente impressionante per l'epoca. E paradossalmente proprio perciò anche inutile, poichè: "...la macchina concentrava i suoi tiri alla sua distanza massima (circa 200 metri) in uno spazio così ristretto che non valeva la pena di tirare a quella distanza neppure su un piccolo gruppetto di uomini..."(**67**). Una indubbia dimostrazione di tale potenzialità la si constatò agli inizi del '900, quando ne venne realizzata in Germania una riproduzione in grandezza naturale: durante la prova tenuta alla presenza del Kaiser, una sua freccia spaccò in due parti la precedente!

---

66 - 67 - Da W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche...*, cit., p. 93.

Le ricostruzioni tecniche

Le artiglierie a torsione non avendo componenti di grandezza insormontabile, come l'arco in quelle a flessione, non avevano per conseguenza, almeno in linea teorica, limiti dimensionali. Da tale elementare constatazione scaturì la ricordata diatriba circa la modalità ottimale di calcolo per ricavare proporzionalmente ogni singola parte dell'arma in corso di progettazione partendo dal diametro, o dalla lunghezza, del proietto che si voleva che scagliasse. In mancanza, pertanto, di un dimensionamento assoluto, gli esempi che andremo ad esaminare per larga sintesi, pur attenendosi scrupolosamente alle prescrizioni dei loro costruttori, ovviamente per quanto deducibile dai rispettivi trattati, avranno le quote ridotte in metri relativamente alla tipologia da noi supposta più frequente, ferme restando le indicazioni espresse in moduli, il cui valore unitario è pari al diametro della matassa.

ARTIGLIERIE STANDARD

Tanto la catapulta, quanto la balista, in oggetto possono reputarsi le artiglierie standard dell'area mediterranea tra il III sec. a.C. ed il V sec. d.C. In quest'arco temporale saranno loro apportati alquanti perfezionamenti, a partire dal I sec. a.C., ciascuno dei quali deve ritenersi il contributo del singolo tecnico che di volta in volta si cimentò con esse. Proprio per valutarli meglio è indispensabile fornire un ragguaglio schematico sulle connotazioni precipue di tali armi nelle due tipologie basilari, destinate a lanciare dardi e palle.

CATAPULTA

arco, a due braccia indipendenti propulse da altrettante matasse. Assumendo il modulo pari a cm 10, la corda in posizione di riposo risulta lunga 13 moduli, pari a cm 130.

affusto, a tripode con sovrastante giunto universale al quale stava fissato il fusto. La stabilizzazione dell'alzo avveniva tramite un listello di legno posizionato obliquamente tra il fusto ed una quinta gamba posteriore, con inclinazione variabile.

fusto, lungo circa 19 moduli, pari a cm 190, aveva una larghezza di appena un modulo, quindi di soli cm 10 ed uno spessore identico. La sua slitta era attraversata longitudinalmente dal tradizionale esile canale di lancio concavo, di diametro appena superiore a quello dell'asta del dardo.

gruppo motopropulsore, costituito da due matasse, le cui flangie sono posizionate al di sopra ed al di sotto delle assi orizzontali. L'angolo descritto in fase di caricamento dalle braccia, lunghe circa cm 50, risulta di circa 45°. Il piano ideale contenente la corda presenta una lievissima predominanza rispetto alla faccia superiore della slitta: nessuno sfregamento, perciò, come nelle artiglierie a flessione. Questo dettaglio, che riduceva sensibilmente le perdite energetiche in fase di lancio, era consentito dalla discontinuità dell'arco a torsione attraverso cui passava il fusto: collocandovi sotto degli opportuni spessori si realizzava la ricercata complanarità.

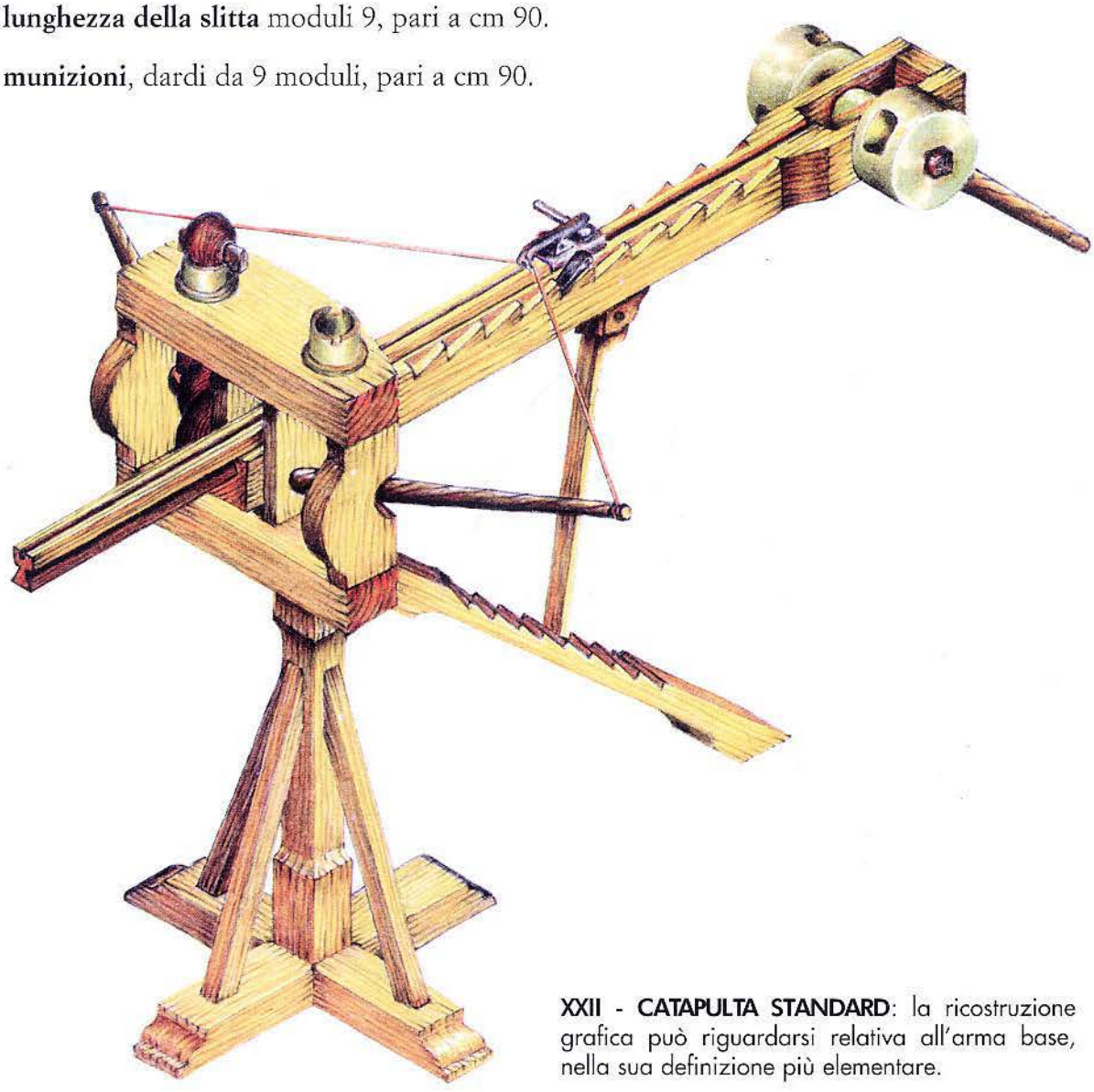
sistema di trascinamento della slitta a verricello unico.

sistema di arresto a doppia cremagliera laterale a denti di sega, con nottolini di metallo a fulcro fisso.

corsa della slitta moduli 6, pari a cm 60.

lunghezza della slitta moduli 9, pari a cm 90.

munizioni, dardi da 9 moduli, pari a cm 90.



XXII - CATAPULTA STANDARD: la ricostruzione grafica può riguardarsi relativa all'arma base, nella sua definizione più elementare.

BALISTA

arco, a due braccia indipendenti, propulse da altrettante matasse. Assumendo il modulo pari a cm 10, la corda in posizione di riposo misura moduli 13, pari a cm 130.

affusto, a tripode con sovrastante giunto universale al quale stava fissato il fusto. La stabilizzazione dell'alzo avveniva tramite un listello di legno posizionato obliquamente tra il fusto ed una quinta gamba posteriore, con inclinazione variabile.

fusto, lungo circa 22 moduli, pari a cm 220, aveva una larghezza di circa due moduli, cm 20, ed uno spessore di poco inferiore ad uno e mezzo, pari a circa cm 12-13. La sua slitta era attraversata longitudinalmente dal canale di lancio concavo, di diametro congruo a quello della palla pari a sua volta a circa 3/4 di modulo, ovvero a cm 7.

gruppo motopropulsore, costituito da due matasse, prive di flangie, con le sbarre di supporto poggiate direttamente al di sopra ed al di sotto dei capitelli a loro volta insistenti sui rispettivi pannelli. Pur non essendo la soluzione più arcaica, in quanto già dotata di pannelli e capitelli quadrati, non compaiono ancora le flangie, peraltro già impiegate nelle coeve catapulte: l'assenza deve perciò relazionarsi alle difficoltà di costruzione derivanti dal loro maggior diametro. Quanto ai pannelli appaiono inseriti in una incastellatura a listelli rettilinei serrati mediante incastri con cunei di bloccaggio. L'angolo descritto in fase di caricamento dalle braccia, lunghe circa moduli 5, pari a cm 50, risulta di 45°. Il piano della corda presenta una lievissima predominanza rispetto alla faccia superiore della slitta, forse di uno o due cm, quota coincidente con l'equatore della palla, alloggiata in una apposita tasca. Per conseguire tale millimetrica precisione il fusto era sorretto da un supporto longitudinale spesso circa un modulo, fissato rigidamente ai listelli inferiori del gruppo motopropulsore, che a sua volta veniva stabilizzato, per la rilevanza delle forze in gioco da una coppia di controventi innestati sul fusto.

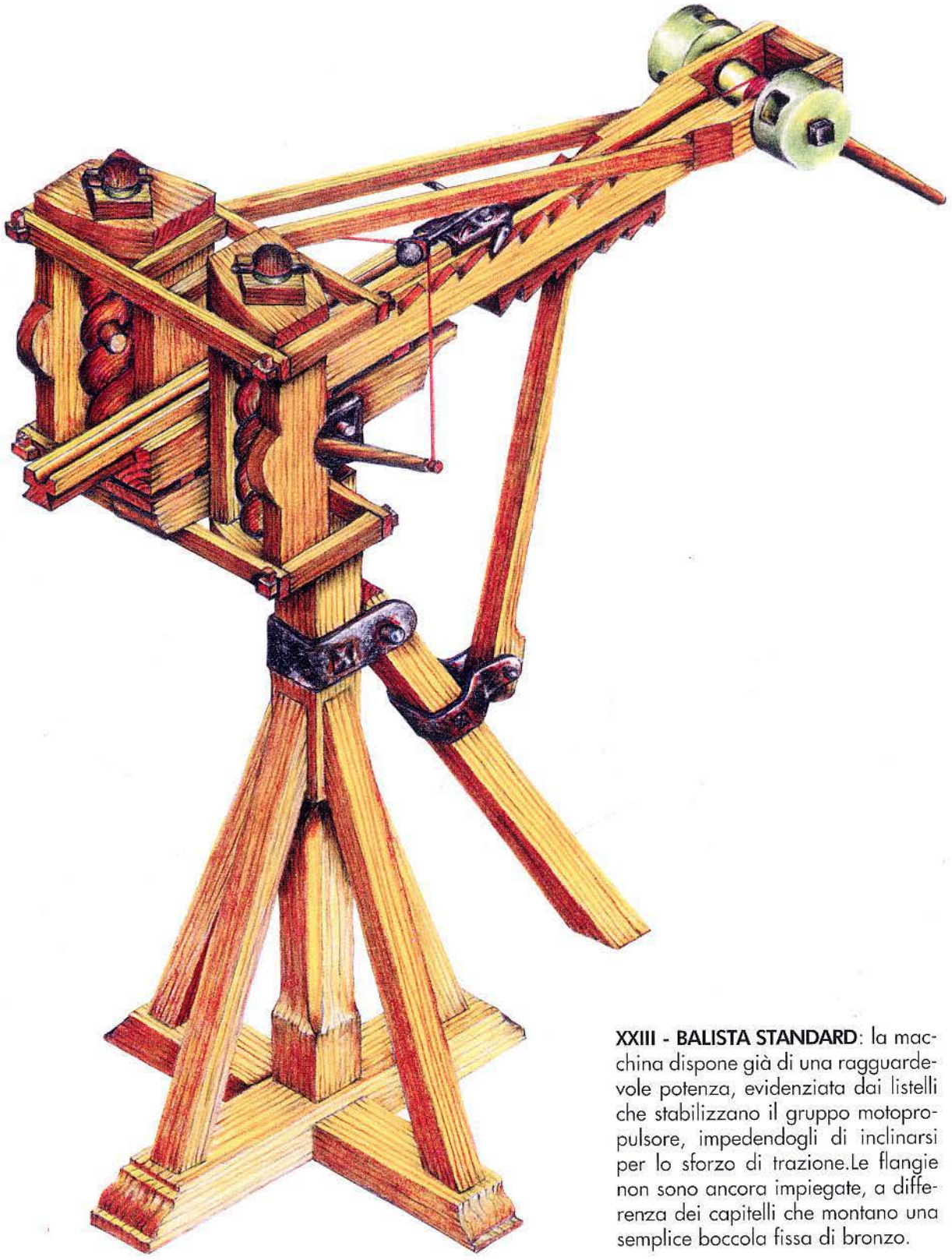
sistema di trascinamento della slitta a verricello unico.

sistema di arresto a doppia cremagliera laterale a denti di sega, con nottolini di metallo a fulcro fisso.

corsa della slitta moduli 10, pari a cm 100.

lunghezza della slitta moduli 13, pari a cm 130.

munizioni palle da 2/3 di moduli di diametro, circa cm 7.



XXIII - BALISTA STANDARD: la macchina dispone già di una ragguardevole potenza, evidenziata dai listelli che stabilizzano il gruppo motopropulsore, impedendogli di inclinarsi per lo sforzo di trazione.Le flangie non sono ancora impiegate, a differenza dei capitelli che montano una semplice boccola fissa di bronzo.

ARTIGLIERIA DI VITRUVIO

L'artiglieria di Vitruvio presenta alquante significative evoluzioni rispetto alla tipologia standard precedente. Senza dubbio la più evidente consiste nell'abolizione delle coppia di cremagliere d'arresto laterali, sostituite da una ruota ad arpioni, a denti triangolari acuti, impegnati da una leva anch'essa munita di un dente triangolare per l'incastro, entrambe realizzate in ferro. La seconda sostanziale novità è percepibile nei supporti delle matasse costituiti, tanto per le catapulte quanto per le baliste, da flangie di bronzo con perni di bloccaggio. Esaminiamone in dettaglio le caratteristiche.

CATAPULTA
Scorpione

arco, a due braccia indipendenti propulse da altrettante matasse. Esse adottano per la prima volta la configurazione arcuata, caratteristica che ne consente la rotazione fino quasi a 48°, leggermente eccedente i limiti del passato. La miglioria non è trascurabile poiché un angolo maggiore, prolungandosi la somministrazione energetica, significava una maggiore accelerazione del proietto e quindi una superiore velocità iniziale con conseguente incremento di gittata. Assumendo il modulo pari a cm 10, la corda in posizione di riposo risulta lunga 13 moduli, circa cm 130.

affusto, a tripode, su basamento a croce greca, colonnetta centrale a tre controventi, con sovrastante giunto universale al quale stava fissato il fusto. La stabilizzazione dell'alzo avveniva tramite un listello di legno posizionato obliquamente tra il fusto ed una quarta gamba appositamente applicata alla connetta con giunto snodato per variarne l'inclinazione.

fusto, lungo circa 23 moduli, pari a cm 230, aveva una larghezza di un solo modulo, quindi di soli cm 10 ed uno spessore identico. La sua slitta era attraversata longitudinalmente dal solito sottile canale di lancio concavo, di diametro appena eccedente quello dell'asta del dardo.

gruppo motopropulsore, costituito da due matasse, le cui flange stavano posizionate al di sopra ed al di sotto delle assi orizzontali. Al posto dei tradizionali quattro supporti verticali divisi in due coppie, ve ne sono soltanto tre: la coppia interna infatti è stata sostituita da una spessa asse forata da due buchi rettangolari, dei quali l'inferiore è destinato all'incastro della testa del fusto ed il superiore al passaggio della slitta. Proprio dinanzi a quest'asse doveva collocarsi la piastra di bronzo, sulla quale stavano incise la data di fabbricazione dello *scorpione* e la sua unità di appartenenza, come quella ritrovata a Cremona. Il piano della corda presenta una lievissima predominanza rispetto alla faccia superiore della slitta, come nella catapulta standard.

sistema di trascinamento della slitta a verricello unico, con un'unica leva di comando.

sistema di arresto ad unica ruota ad arpioni d'arresto retrogrado con denti triangolari e leva con cuneo di incastro, entrambi in ferro.

corsa della slitta moduli 10, pari a cm 100.

lunghezza della slitta moduli 16, pari a cm 160.

munizioni, dardi da 9 moduli, pari a cm 90.

BALISTA

arco, a due braccia indipendenti, propulse da altrettante matasse. Assumendo il modulo pari a cm 10, la corda in posizione di riposo misura moduli 13, pari a cm 130.

affusto, a doppio tripode binato, con due colonnette, controventi, raccordi orizzontali e sovrastante giunto universale, al quale veniva fissato il fusto. La stabilizzazione dell'alzo non è menzionata, lasciando protendere per un esatto bilanciamento della macchina, o per un supporto volante ad inclinazione variabile.

fusto, lungo circa 19 moduli, pari a cm 190, aveva una larghezza di poco meno di due moduli, circa cm 18, ed uno spessore di uno e mezzo, pari a circa cm 12-13. La sua slitta era attraversata longitudinalmente dal canale di lancio concavo, di diametro congruo a quello della palla pari a sua volta a circa 2/3 di modulo, ovvero a cm 7.

gruppo motopropulsore, costituito da due matasse, con grosse flangie d'ancoraggio con sottostanti controflangie a loro volta insistenti sui rispettivi pannelli. L'adozione di flangie anche per le artiglierie di calibro maggiore segna un deciso passo avanti nella tecnica di tali armi, riscontrabile pure nella notevole sofisticazione del castello del gruppo motopropulsore realizzato con listelli di legno sagomati e tenuti insieme da incastri e cunei di bloccaggio. La ragione di siffatta impostazione deve relazionarsi alla necessità di aumentare al massimo la possibilità di rotazione delle braccia, lunghe circa 5 moduli pari a cm 50, che significativamente in questa macchina attinge i 50°. Il piano della corda presenta una lievissima predominanza rispetto alla faccia superiore della slitta, forse di uno o due cm, quota coincidente con il centro della palla, alloggiata in una apposita tasca. Per conseguire tale millimetrica precisione il fusto era sorretto da un supporto longitudinale spesso poco meno di un modulo, fissato rigidamente ai listelli inferiori del gruppo motopropulsore, mentre una coppia di controventi stabilizzava quelli superiori.

sistema di trascinamento della slitta a verricello unico con due ruote di caricamento ad aspi posizionate ad entrambe le estremità dell'asse del tamburo.

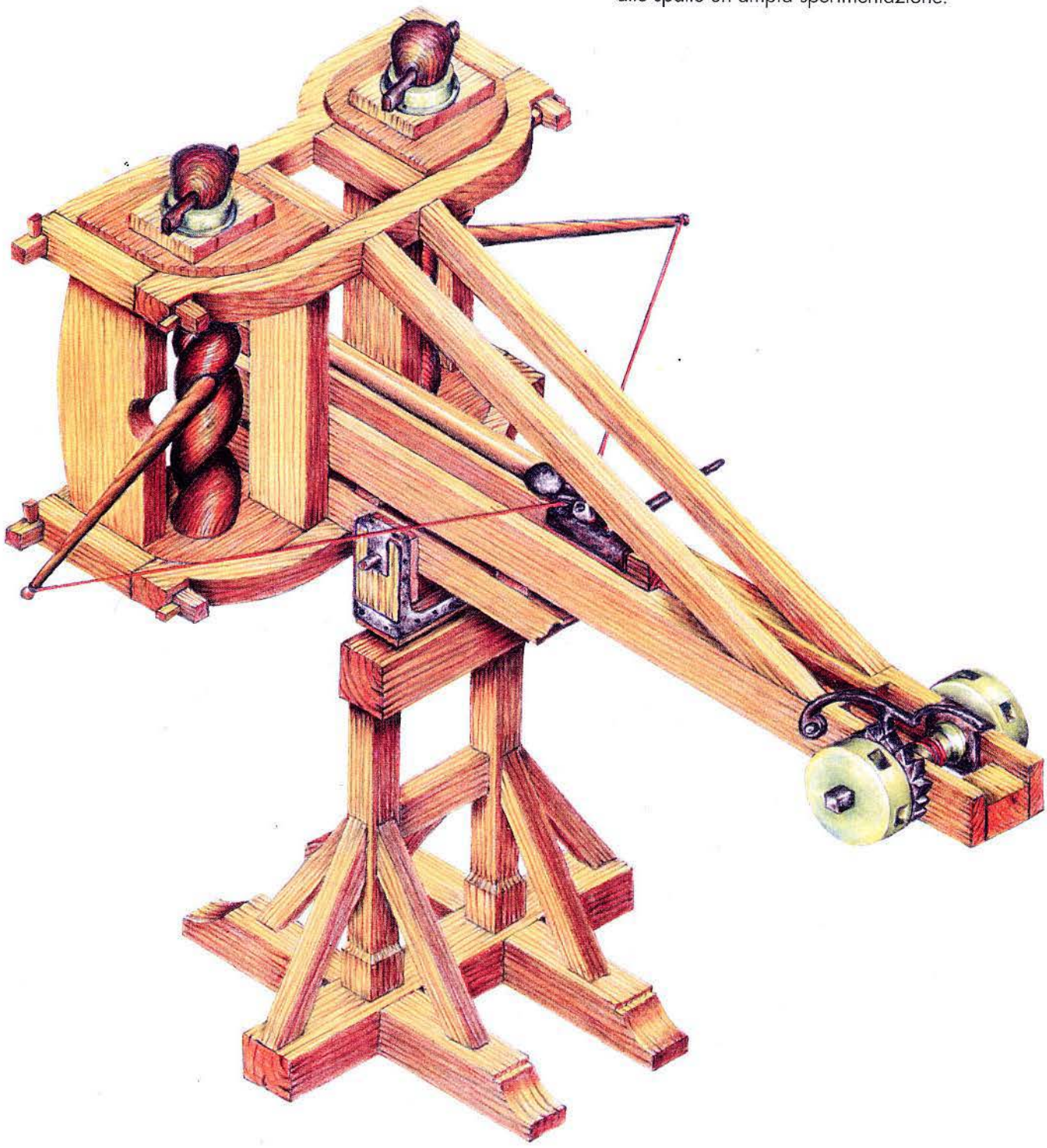
sistema di arresto ad unica ruota d'arresto retrogrado ad arpioni triangolari con leva di bloccaggio a cuneo, entrambe in ferro.

corsa della slitta moduli 9, pari a cm 90.

lunghezza della slitta moduli 11, pari a cm 110.

munizioni palle da 2/3 di moduli di diametro, circa cm 7.

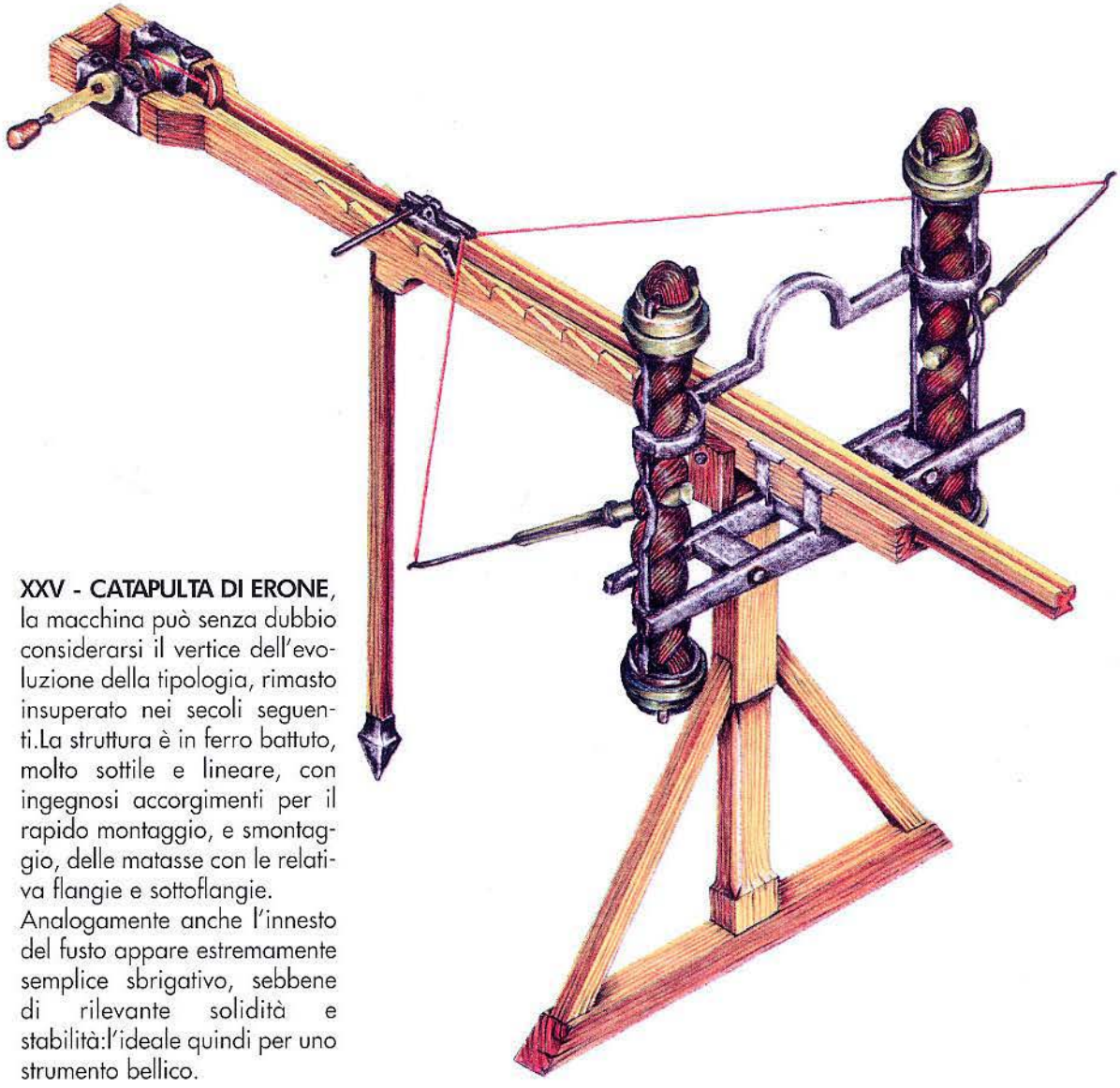
XXIV - BALISTA DI VITRUVIO: la ricostruzione grafica mette bene in evidenza la notevole potenza che venne fornita a questa macchina.La sua struttura appare molto accurata e perfezionata il relazione al compito richiestole, con accorgimenti tecnici aventi chiaramente alle spalle un'ampia sperimentazione.



ARTIGLIERIA DI ERONE

L'artiglieria di Erone rappresentò un cospicuo balzo tecnologico nel settore, persino sotto il profilo strutturale. La sua rivoluzionaria *cheiroballistra,* infatti, venne realizzata per la prima volta con telaio portante in ferro battuto. Dal che una catapulta, unica rappresentante nota di tale progettazione, non solo d'ingombro molto contenuto ma anche di prestazioni decisamente superiori. Emblematica la stretta somiglianza con la carrobalista romana.

CATAPULTA
Cheiroballistra



XXV - CATAPULTA DI ERONE, la macchina può senza dubbio considerarsi il vertice dell'evoluzione della tipologia, rimasto insuperato nei secoli seguenti.La struttura è in ferro battuto, molto sottile e lineare, con ingegnosi accorgimenti per il rapido montaggio, e smontaggio, delle matasse con le relativa flangie e sottoflangie.
Analogamente anche l'innesto del fusto appare estremamente semplice sbrigativo, sebbene di rilevante solidità e stabilità:l'ideale quindi per uno strumento bellico.

arco, a due braccia indipendenti propulse da altrettante matasse. Le braccia hanno per la prima volta una struttura composta di due parti, di cui una esterna di legno ed una interna di metallo, terminante ad uncino. Questa sorta di anima veniva fissata al contenitore cilindrico tramite dei perni passanti anch'essi di metallo: la soluzione sembrerebbe motivata dalla possibilità di modificare la dimensione delle braccia in funzione delle prestazioni richieste all'arma. Mediamente la loro lunghezza doveva attestarsi sui 14 dattili, pari a poco meno di cm 30. Ai loro uncini stava fissata la corda arciera, la cui lunghezza in condizione di riposo misurava al massimo 50 dattili, pari quindi a 100 cm: sono già ben evidenti le notevoli contrazioni dimensionali introdotte dalla struttura di ferro.

affusto, a doppio supporto costituito da una colonnetta centrale con due controventi laterali fissati alla base da una semplice traversa. Al di sopra del primo stava posizionato il giunto universale, mentre il secondo sembrerebbe ad inclinazione variabile imperniato al di sotto del fusto.

fusto, lungo circa 60 dattili, pari a cm 120, con una larghezza di soli 4 dattili, circa cm 8, nonostante la coppia di cremagliere laterali. La sua slitta era attraversata longitudinalmente da un canale centrale di poco eccedente il diametro dell'asta del dardo.

gruppo motopropulsore, costituito da due matasse, le cui flangie stavano posizionate al di sopra ed al di sotto di due alloggiamenti in ferro battuto. Anche di ferro battuto i raccordi verticali fra gli stessi, muniti di appositi innesti per il fissaggio alle traverse, sempre di ferro, che costituivano il castello del gruppo motopropulsore, fissato in basso al fusto mediante una forcella ad **U**. Il sistema, completamente aperto, consentiva una incredibile libertà di rotazione alle braccia, maggiore di oltre il 20% delle migliori macchine precedenti, permettendole di attingere quasi 60°. Ma consentiva anche un campo visivo mai goduto da dietro armi del genere, dettaglio che comportò l'adozione di una semplice ed efficace asta di mira posteriore. La punteria si effettuava perciò traguardando dalla sua sommità la punta del dardo ed il bersaglio, facendo in modo che si trovassero su di un'unica linea, concezione che millenni dopo ritroveremo in tutte le armi da fuoco individuali.

sistema di trascinamento della slitta a verricello unico, con un'unica manovella di comando.

sistema di arresto di nuovo con doppia cremagliera e denti d'arresto triangolari nei quali si impegnavano nottolini di metallo a fulcro fisso. Va osservato che proprio questa venne eliminata nella rielaborazione romana, ritenendola eccessivamente complicata da realizzare e di scarsa affidabilità rispetto alle ormai diffusissime ruote ad arpioni. La sua adozione nella catapulta di Erone potrebbe interpretarsi come una sorta di indicatore cronologico, portandoci allora a ritenerla antecedente al I sec. a.C. Alla identica conclusione induce l'osservazione della non modularità del progetto.

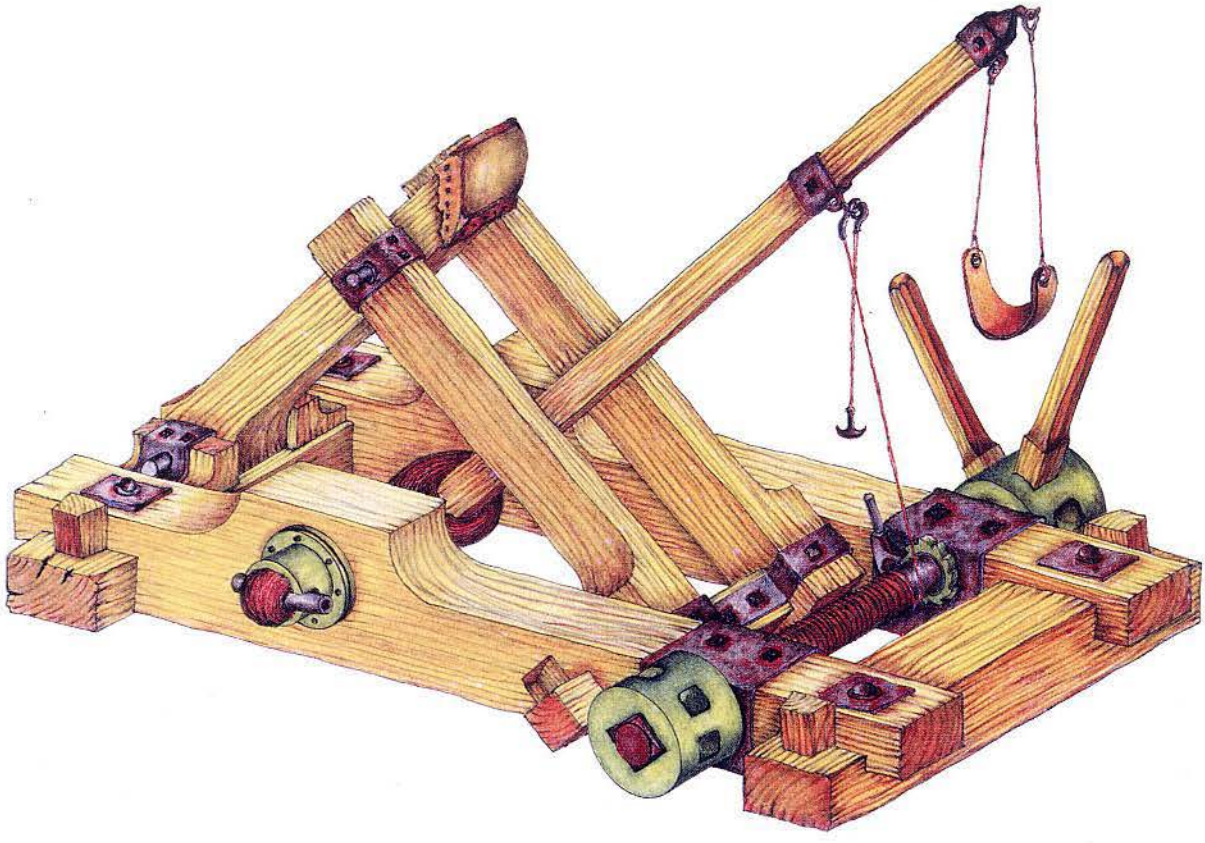
corsa della slitta pari a 30 dattili, circa cm 60.

lunghezza della slitta circa 50 dattili, pari a cm 100.

munizioni, dardi da 3 piedi, pari a cm 90.

Le artiglierie ad un solo braccio: l'onagro

Una particolare categoria di artiglierie d'assedio di media potenza, era rappresentata dai cosiddetti 'onagri', la cui invenzione dovrebbe ascriversi esclusivamente ai Romani. Per l'esattezza, però, il primo riferimento a macchine da lancio ad un solo braccio -in greco *monàncon-* si coglie, incidentalmente, in Filone Alessandrino intorno al 200 a.C. Stando alle sue parole un discreto numero di tali pezzi vennero impiegati in uno dei tanti assedi dell'epoca in funzione difensiva, dettaglio che mal calzando al tiro parabolico della macchina, determina qualche perplessità su cosa effettivamente intendesse il trattatista con quel nome. E l'incertezza trova ulteriore appiglio nel lunghissimo periodo successivo caratterizzato dall' assoluto silenzio su macchine siffatte.



XXVI - ONAGRO: la macchina è di origine incerta sia dal punto di vista cronologico che meccanico.Di sicuro appare conosciutissima nel basso-impero, al punto da essere ritenuta la più flessibile artiglieria dell'esercito.La sua principale novità consisteva nell'impiegare un unico braccio per il lancio:nessuna complessa operazione di equilibratura, nessuna sofisticata struttura di supporto.Un semplice telaio, in pratica l'ingrandimento di quello dell'antica sega da falegname, e un paranco per il caricamento della sua grossa matassa.Va ancora osservato che per la prima volta il proietto non è accelerato linearmente, lungo un apposito canale di lancio ma circolarmente, tramite una fionda ad apertura automatica.La traiettoria pertanto cessa di essere tesa per divenire parabolica, caratteristica molto opportuna per il lancio di grosse pietre all'interno delle città assediate.Dalla sua concezione prenderanno spunto diverse altre artiglierie tutte ad un solo braccio, alcune ancora a torsione altre a gravità.

Di artiglierie *litobole* monobraccio, infatti, se ne tornò a parlare soltanto tre secoli dopo, per precisione ad opera di Apollodoro di Damasco. Il famoso ingegnere dell'epoca di Traiano, oltre a lasciarne una sintetica descrizione, consigliava di posizionarne una all'estremità anteriore dell'ariete. Da quel momento sull'enigmatico congegno scende, per la seconda volta, un impenetrabile oscurità che si protrarrà fino al IV secolo, quando paradossalmente il congegno risulta notissimo sia ad Ammiano che a Vegezio. In particolare il primo trattatista: "...fa riferimento a queste macchine a braccio unico chiamandole di volta in volta scorpioni od onagri, ma precisando che 'onagro' era il nome più moderno e popolare: «*quem onagrum sermo vulgaris appellat*». L'onagro continuò ad essere usato per tutto il medioevo con il nome di catapulta, finchè cadde parzialmente in disuso nel secolo XII, con l'introduzione di armi molto più spettacolari..."(**68**).

Il curioso nome, che nel frattempo si era pienamente consolidato gli derivava dalla caratteristica reazione all'istante del tiro, una sorta di antesignano rinculo, che provocava il salto della sua parte posteriore, simile allo scalciare di un asino selvatico, in latino *onager*. Guai a dimenticare quel violento moto, accostandosi incautamente dietro la macchina! Ammiano tramanda un grave incidente verificatosi per una distrazione del genere. Scrive, infatti, che:

> *"...un architetto, appartenente al nostro esercito... mentre se ne stava dietro la macchina... fu gettato a terra con il petto schiacciato da una pietra che l'addetto, esitando, aveva collocato sulla sua fionda..."*(**69**).

Dal punto di vista balistico l'onagro differiva profondamente tanto dalla catapulta quanto dalla balista non solo per avere un'unica matassa, ovviamente molto più grande, ma soprattutto perché il suo tiro era parabolico e non teso, simile in ciò ad un moderno mortaio. Ottima artiglieria perciò per battere al di là delle mura di cinta le abitazioni, con terribili effetti distruttivi e psicologici. Validissimo pure per sgombrare gli spalti dai difensori, massacrati dai suoi pesanti proietti.

Dal punto di vista costruttivo l'onagro era più semplice delle catapulte, almeno in linea di massima. Constava infatti di un robusto telaio formato con due grosse travi longitudinali, tenute insieme da quattro trasversali di sezione e lunghezza minore. Le due maggiori ostentavano in posizione asimmetrica, quasi in corrispondenza della loro estremità anteriore una sorta di gobba, necessaria per alloggiare i fori attraverso i quali passava la grossa matassa. Le quattro minori, a loro volta stavano incastrate rispettivamente due in testa ed in coda in modo da formare con le precedenti un rettangolo, e due a breve distanza dai suddetti fori, da un lato e dall'altro. La loro funzione era chiaramente quella di irrigidire le travi longitudinali neutralizzando le fortissime sollecitazioni provocate dalla torsione della matassa che tendeva a schiantarle. Ovviamente nel posizionarle si ebbe particolare accortezza ad evitare che potessero intralciare la rotazione del braccio o della matassa.

---

68 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 68.

69 - Da AMMIANO, XXIV, 4, 28.

Sotto il profilo operativo la messa a punto dell'onagro si confermava più spedita. Infatti rispetto alle macchine a due matasse che dovevano essere sempre: "...perfettamente accordate e il margine di errore doveva essere minimo, l'onagro possedendo una sola molla, aveva eliminato questo problema. Inoltre a differenza della *ballista* poteva lanciare una grande quantità di proiettili diversi in misura, peso e tipo... Non possiamo dire con sicurezza quando l'onagro fu introdotto regolarmente nell'artiglieria pesante della legione, però, poiché nel forte di *Bremennium* (High Rochester, in Northumberland) sono state trovate le piattaforme necessarie per l'appoggio degli onagri, risalenti al primo quarto del III secolo, si può pensare che macchine lanciapietre a braccio unico erano in servizio nell'esercito romano già nel III secolo..."(**70**).

Il riferimento a delle particolari piazzole di tiro per l'onagro è una conferma esplicita della violenza della sua reazione retrograda. Tale *scalciare* se non opportunamente contrastato, finiva con lo scavare profondi avvallamenti nel terreno privando il pezzo di orizzontalità, indispensabile per un tiro prevedibile.

Circa il dimensionamento dell'onagro è logico supporre che seguisse le stesse regole fino ad ora incontrate. Stabilito il peso massimo del proietto che si intendeva scagliare si procedeva a relazionarvi il diametro della matassa necessaria. La sola differenza consisteva nel dettaglio che il valore risultante doveva essere moltiplicato per due essendo la matassa unica. Stabilito così il modulo di base le restanti parti della macchina venivano calcolate sullo stesso. Le traverse si stabilivano in modo che le due centrali formassero, con i segmenti delle travi lunghe da essi intercettati, una sorta di scatola rettangolare, con i lati nella medesima proporzione di quelle delle macchine a doppia matassa. Anche la posizione delle due traverse, rispetto al piano d'appoggio risultava sfalsata, una più in alto dell'altra, sfalsamento identico a quello già rilevato nelle assi verticali dei gruppi motopropulsori. Quanto alla lunghezza delle due travi maestre doveva essere sufficiente a consentire la rotazione del grosso braccio centrale, probabilmente anch'esso simile in proporzione alle dimensioni delle normali braccia delle baliste.

Venendo alla matassa i suoi ancoraggi non differiscono, se non per la maggiore grandezza, da quelli già descritti per le baliste più evolute. Si trattava perciò anche in questo caso di flangie e controflangie, con buchi lungo la corona per il bloccaggio a precarica completata. Poiché, però, quasi certamente la resistenza di quell'unica grande matassa risultava troppo rilevante per eseguirla come nelle normali baliste, è probabile che la manovra di precarica venisse effettuata con apposite lunghe leve di ferro, simili a palanchini, capaci di impegnare le sbarre delle flange. Scarsamente credibile, invece, la presenza di una coppia di ruote dentate, a forte demoltiplicazione, tipo paranco. La loro adozione deve ascriversi al basso medioevo quando il progresso tecnologico le rese disponibili, epoca che vide l'estremo perfezionamento dell'onagro, da cui peraltro già l'imbracatura a fionda per i proiettili era stata sostanzialmente cooptata dalle grandi macchine da lancio medievali funzionanti a gravità. Dapprima, infatti, la si ritrova nel mangano, il cui avvento coincise con il tramonto dell'onagro di classica configurazione e, quindi, nella più potente artiglieria meccanica in assoluto, il trabocco, la cui diffusione coincise con la sua

---

70 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 69.

definitiva scomparsa. Il dato non deve intendersi come il semplice recupero di un dettaglio meccanico, ma come l'affermazione di un criterio balistico in precedenza marginalizzato. Infatti tramite l'insieme braccio-fionda l'espulsione dei proietti dall'arma non avveniva più al termine di un moto lineare accelerato, come nelle catapulte o nelle baliste e come, in sostanza, avviene ancora nelle attuali armi da fuoco, ma al termine di un moto circolare accelerato, esattamente come avveniva già nel paleolitico con la fionda. Inoltre tramite la stessa, al di là della immaginabile semplificazione costruttiva, si incrementava sensibilmente la portata dell'onagro, poiché distendendosene le funi durante la frustata di lancio si allungava il braccio d'una pari misura. Pertanto, se la velocità angolare restava sempre identica, quella periferica si incrementava vistosamente e, per ovvia conseguenza, anche quella iniziale, dalla quale in ultima analisi dipendeva la gittata.

In pratica il dispositivo fu realizzato vincolando parzialmente una apposita tasca, o propriamente fionda, all'estremità del braccio dell'onagro. Delle sue tre funi, infatti, due erano fissate stabilmente allo stesso, mentre la terza soltanto con un anello a gancio aperto. Quando il braccio, trascinato dalla matassa, ruotava fulmineamente anche le tre funi lo seguivano, protendendosi come una enorme frusta verso l'esterno per reazione centrifuga. In prossimità dei 45° l'anello si svincolava dal gancio liberando perciò la fune, provocando così l'apertura della fionda. Il proietto non più costretto proseguiva la sua traiettoria in direzione del bersaglio. Anche il braccio proseguiva la sua rotazione, fino ad abbattersi, dopo aver descritto un settore di quasi 120°, su di un apposito ammortizzatore formato da un saccone di cuoio riempito di paglia. Per reazione allora l'intera macchina sobbalzava, sollevando la sua parte posteriore.

Il congegno di sgancio deve presumersi una variante verticale, e volante, di quello tradizionalmente applicato sulla slitta, con l'unica differenza di essere dotato di una piastra più lunga, terminante con un anello. Ad esso venivano vincolate le corde di caricamento, terminanti sul tamburo del verricello. Quest'ultimo posizionato sulla parte posteriore della macchina non sembra differire minimamente dai precedenti, tranne che per le dimensioni maggiorate. Identica pure la ruota ad arpioni per il suo arresto retrogrado.

La mole ed il conseguente peso dell'onagro ponevano seri problemi di trasporto: lo stesso Ammiano, per esperienza personale, ne conferma l'enorme difficoltà. Eppure, per quanto curioso possa apparire i Romani non pensarono mai di renderlo ruotato, o almeno: "...non c'è alcun indizio che l'onagro avesse una base con ruote permanenti: Vegezio ci ricorda anzi che poteva essere trasportato in carri trainati da buoi... Per questo motivo gli onagri erano di solito impiegati nel combattimento statico e nelle guerre d'assedio; nel tardo impero, però, il loro uso si estese di molto e sembra che le balliste a due bracci furono largamente sostituite dagli onagri anche nelle battaglie campali..."(**71**).

Il che, se mai effettivamente, avvenne deve correlarsi alla loro estrema versatilità d'impiego congiunta a ragguardevoli prestazioni balistiche. Dagli esperimenti eseguiti con ricostruzioni accurate si è potuto osservare che palle di circa 4 kg riuscivano a raggiungere distanze anche superiori ai 500 m, lasciando motivatamente concludere che macchine siffatte, opportunamente dimensionate, siano state capaci di scagliare, a distan-

---

71 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 68.

ze molto minori, massi enormi con effetti distruttivi micidiali. Giusto quindi, come accennato, ritenere l'onagro il mortaio dell'antichità che, per dirla con le parole del celebre trattatista seicentesco Pietro Sardi:

> *"...offendeva inoltre lo assalitore con questa macchina di Onagro, tirando essa pietre così pesanti sopra i tetti delle case della Città o Fortezza facendogli sfondare, con l'ammazzare quegli che dentro si trovavano, donde impauriti erano forzati ad arrendersi."* (**72**).

Ricordava a sua volta Flavio Vegezio che:

> *"... l'onagro scaglia pietre di peso rapportato alla robustezza dei nervi, perché quanto più è possente tanto più grandi sono i sassi che lancia come fulmini... comunque, con i sassi più pesanti scagliati dall'onagro non soltanto si abbattono gli uomini ed i cavalli, ma si distruggono anche le macchine nemiche."* (**73**)

L'onagro introduce l'ultimo capitolo delle artiglierie a torsione, per molti versi il più spettacolare ed impressionante ma anche il meno noto tecnicamente, in quanto relativo agli antichi grossi calibri e pertanto il più travisato ed abusato. Queste artiglierie soltanto in prima approssimazione possono ritenersi l'ingrandimento delle precedenti, essendo in molti casi piuttosto frutto di una elaborazione autonoma e specializzata, come ad esempio quella che portò alla realizzazione della famosa e misconosciuta grande balista ruotata romana, la catapulta per antonomasia.

Tenteremo di fornirne alcune indicazioni.

Artiglieria pesante a torsione

L'adozione delle matasse a torsione rese possibile, come in precedenza evidenziato, almeno in teoria, costruire artiglierie di enorme potenza. Dimensionando opportunamente i gruppi motopropulsori si sarebbero potuti scagliare veri macigni a centinaia di metri di distanza. Opportunità che dal punto di vista offensivo equivaleva a disporre di macchine ideali per la demolizione a distanza di strutture non particolarmente massicce. Significativamente, e forse per eccesso di zelo, Filone riteneva tali tutte quelle aventi uno spessore inferiore ai quattro metri!

Di certo, pur non disponendo della necessaria energia cinetica per sgretolare mura tanto spesse, se palle di scarsi 30 kg si confermavano perfettamente capaci di schiantarne

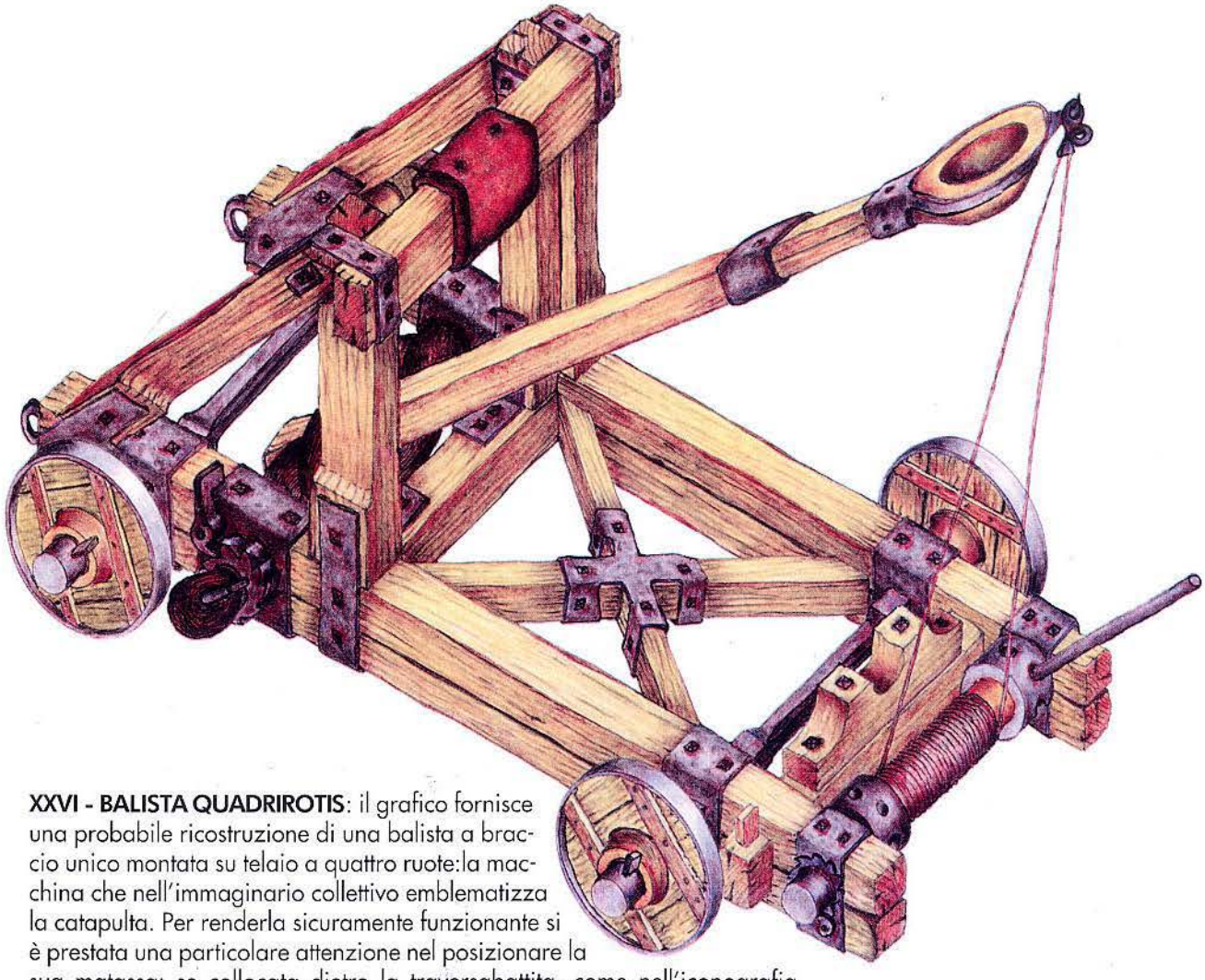
---

72 - La citazione è tratta da C. MONTU', *Storia dell'artiglieria italiana,* Roma 1932, vol. I, p. 43. Per approfondimenti cfr. P. SARDI, *Architettura militare,* Venezia 1639, p. 165.

73 - Da FLAVIO RENATO VEGEZIO, *L'arte...,* cit., p. 170.

le merlature si può facilmente immaginare la devastazione inferta dagli impatti di palle di oltre 70 kg. Sicuramente si trattò di macchine straordinarie, ma della loro esistenza e del loro impiego non si dispone di inoppugnabili testimonianze letterarie ed archeologiche. Più interessante allora tentare di appurare quali fossero effettivamente le artiglierie pesanti nell'ultimo scorcio dell'Impero d'occidente.

Il testo che più si presta all'approfondimento, per quanto spesso enigmatico ed oscuro, è lo scritto anonimo *De rebus bellicis*, di dubbia datazione, ma attribuito correntemente e motivatamente al IV secolo d.C. Nel merito: "...l'Anonimo, dopo aver discusso alcune riforme di carattere sociale, destinate a recar sollievo a tutta la popolazione dell'impero, aggiunge che i benefici promessi dalle riforme saranno procurati dall'uso delle macchine militari che descrive... [ed in particolare da] due balliste: la *ballista quadrirotis* e la *ballista fulminalis*. La *quadrirotis* era un pezzo di artiglieria mobile da campo; la *fulminalis* si usava invece per scopi difensivi sulle mura di città e fortezze.



XXVI - BALISTA QUADRIROTIS: il grafico fornisce una probabile ricostruzione di una balista a braccio unico montata su telaio a quattro ruote:la macchina che nell'immaginario collettivo emblematizza la catapulta. Per renderla sicuramente funzionante si è prestata una particolare attenzione nel posizionare la sua matassa: se collocata dietro la traversabattita, come nell'iconografia classica, il suo braccio avrebbe descritto un arco di quasi 90° scagliando perciò la palla a pochi metri di distanza.Nel modello in esame invece l'abbandono del proietto avviene intorno ai 45° ovvero in coincidenza con l'elevazione massima.

Per avere un'idea un po' più precisa di queste baliste, data la poca chiarezza del testo, sono molto importanti le illustrazioni dei manoscritti. Purtroppo alcuni particolari delle balliste visibili nelle figure non sono menzionati nel testo e, viceversa, più di un dettaglio del testo non appare nelle illustrazioni.

La *quadrirotis*, come indica il nome era montata su quattro ruote; questo è un fatto notevole, poiché non erano molte le antiche balliste a ruote..."(**74**).

Volendo fornire una descrizione, sia pure per sommi capi e per grande approssimazione, di una balista di grosso calibro ruotata, occorre immaginarla come una sorta di ibrido fra una carrobalista ed un onagro. Scendendo in dettaglio, sulle robustissime travi laterali del telaio, appena più indietro dell'asse anteriore, si innestarono due massicci montanti verticali, irrigiditi da due o quattro controventi. Alla loro sommità stava incastrata una traversa, destinata a fungere da battita per il braccio dell'arma. Onde preservarla, per quanto possibile, dal rapido deterioramento provocato dalle incessanti percussioni, la si rivestì con uno spesso strato di cuoio imbottito, esattamente come nell'onagro.

Sempre in posizione anteriore, ma fra i due montanti e l'asse, fu collocata la matassa elastica, corrente da un fianco all'altro della macchina, attraversandone i longheroni del telaio mediante le solite flangie di bronzo, con i relativi arpionismi di arresto. La soluzione appare la perfetta replica di quella adottata sull'onagro. La precarica della matassa, di improba fatica per la sua grandezza, richiedeva gli sforzi congiunti di numerosi serventi muniti di lunghe leve di ferro. Anche in questo caso non si ha nessun riscontro dell'adozione di una coppia di ruote dentate demoltiplicanti, che compariranno con certezza nelle macchine medievali.

Al centro della matassa era inserita l'estremità del braccio, simile nella sua interezza ad una gigantesca cucchiaia di legno. Quanto alla matassa stava collocata davanti ai montanti della battita, per cui il braccio nella sua rotazione non giungeva mai a descrivere un arco di 90°, arrestandosi a 45°, valore a cui corrispondeva la massima gittata. Quando circostanze fortuite richiedevano di limitarne il tiro si incrementava lo spessore delle imbottire che riducevano l'angolo suddetto: assurdo però equiparare quell'espediente occasionale ad un dispositivo di alzo propriamente detto, impiegandosi siffatte macchine sempre al massimo della loro potenza.

Stimando, per baliste capaci di scagliare pietre di una ventina di kg, dimensioni standard del telaio di circa m 6x2, con un braccio di m 5, è estremamente probabile che le loro matasse raggiungessero il diametro, al passaggio nelle flangie, di circa 30 cm, ampiezza sufficiente per sviluppare una forza eccedente le 60 t!

All'estremità posteriore del braccio, sul bordo della sua conca, era fissato, con lunghe bandelle di ferro e perni passanti, un grosso uncino aperto. Questa posizione del ritegno deve ritenersi conveniente rispetto a quella mediana adottata sull'onagro perché avvalendosi dell'intera lunghezza del braccio riduceva gli sforzi del caricamento. Per le enor-

---

74 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 70. Circa il testo dell'Anonimo il: "*De rebus bellicis* accompagna la *Notizia Dignitatum* nello *Spirensis*, ma questo non ci è di grande aiuto nel problema della datazione.... Nel 1911...fu oggetto di una dissertazione erudita da parte di R. Neher...che lo attribuiva all'epoca di Giustiniano...Del *De rebus bellicis* esiste ora la traduzione italiana di S. Condorelli, *Riforme e tecnica nel De rebus bellicis*, Messina 1971. ".

mi sollecitazioni a cui veniva sottoposto durante tale fase, è credibile che le bandelle cerchiassero interamente, come un grosso ceppo, la conca all'interno della quale veniva deposta la palla di pietra. Nell'uncino, poi, si inseriva l'occhiello metallico di una spessa fune, dipanantesi da un tamburo, posizionato appena più indietro dell'asse posteriore. Il suo albero attraversava i longheroni in boccole di bronzo, portando alle opposte estremità due grosse ruote, con regolari fori per gli aspi sulla corona e due arpionismi di arresto. E' probabile che per agevolare l'improbo sforzo richiesto dall'operazione, tra l'occhiello e la fune fosse applicato un paranco a due taglie, perfettamente noto da secoli. Premesso ciò, la sequenza di attivazione di una grande balista si sviluppava nel seguente modo.

Piazzatala nel punto prescelto, bloccate le ruote con cunei e picchetti, se ne precaricava da entrambi i lati la matassa. Assicuratale la giusta tensione, agendo sul paranco posteriore si portava il braccio ad assumere, lentamente, la posizione orizzontale, al termine della quale lo si bloccava in sicurezza. Valutata con rudimentali espedienti telemetrici la distanza da battere -quali ad es. frecce con fili annodati, lunghezza delle ombre, ecc.- regolato in proporzione l'abbassamento del braccio, si alloggiava il proietto nella cucchiaia. A questo punto la macchina era armata e pronta al lancio. Con uno strappo si disimpegnava il dispositivo di sgancio liberando il braccio che, trascinato dalla matassa, ruotava con straordinaria velocità abbattendosi con violenza sulla traversa, scagliando così la palla. Occorre, ancora osservare che a differenza delle catapulte, simmetricamente impiegate sia dai difensori che dagli attaccanti, per esattezza forse più dai primi che dai secondi, le grandi baliste tornavano utili solo in fazione offensiva, in quanto inadatte a battere bersagli mobili e sparpagliati.

Esistevano ancora, con prestazioni di analoga violenza, catapulte destinate al lancio di giganteschi verrettoni, simili in realtà a travi acuminate, singolarmente capaci di inchiodare letteralmente più uomini e di trapassare persino coriacee 'testuggini'. Di queste enormi macchine: "...Tacito rammenta una balista della XV legione, che scagliava travi pesantissime, e Cesare parla di travi di dodici piedi di lunghezza scagliate dalle grandi baliste..."(**75**). Anche di siffatti ordigni se ne riscontrano esplicite menzioni già in età ellenistica, ma soltanto in epoca romana attinsero caratteristiche strutturali e funzionali congrue alla finalità.

---

75 - La citazione è tratta da C. MONTU', *Storia*..., cit., vol. I, p. 41.

Epilogo

Artiglieria Meccanica Medievale

Derivazioni Medievali

Artiglieria a flesso-torsione

Allorquando le sterminate frontiere fortificate dell'Impero romano non furono più in grado di respingere la marea barbara che tentava di superarle, iniziò il rapido declino di quell'immensa istituzione protrattasi per oltre un millennio. Con il dissolversi della sicurezza sociale e del benessere si dissolse anche la cultura scientifica e la capacità artigiana: ben presto le macchine, anche quelle militari, divennero uno sbiadito ed incerto ricordo. Al riguardo, però, occorre rivedere un luogo comune che vuole incompatibile la mentalità dei barbari con la meccanica. Infatti: "...già Dexippo, che nel III secolo aveva combattuto contro i Goti, informava che essi erano molto bravi nell'arte della guerra: nell'assedio di Filippopoli parteciparono con testuggini, arieti, torri mobili, ecc. Zosimo d'altronde parla di *barbariche epinoia*, di 'inventiva barbara'; un passo di Procopio, infine, conferma la diffusa convinzione di un'abilità tecnica dei barbari..."(**1**).

Ma, pur ammettendo che molti fra loro fossero effettivamente in grado di comprendere confusamente i principi della meccanica applicata, non significa affatto che fossero pure capaci di costruire macchine tanto complesse, delle quali anche i Romani ormai non riuscivano più a venirne a capo nelle giuste proporzioni e con gli appropriati materiali.

Occorsero secoli perché le disperse nozioni scientifiche si ricostituissero organicamente permettendo il formarsi di una nuova generazione di maestranze idonee a riesumare i mitici congegni d'assedio e le ancora più enigmatiche artiglierie elastiche. Forse un apporto fondamentale derivò dai Bizantini, forse dagli Arabi, forse dagli scontri fra entrambi di gran lunga meno ignoranti e rozzi dei contemporanei Europei. Di certo, timidamente, con l'approssimarsi del Mille nel corso degli investimenti ossidionali iniziarono a ricomparire approssimati congegni di legno. Si innescò allora un accelerato processo evolutivo che nell'arco di poco meno di un centinaio di anni determinò non solo la riaffermazione delle macchine ma persino il superamento dei più sofisticati standard classici.

Ovviamente il recuperò si avviò a partire dai dispositivi elementari, per allargarsi in breve volgere anche alle componenti meccaniche più sofisticate, che registrarono le maggiori innovazioni. Paradossalmente, infatti, fu proprio a carico dei sistemi dinamico-propulsivi che i tecnici medievali si guadagnarono, meritatamente, la rivincita sui loro remoti antenati greco-romani, mettendo a profitto le capacità nel frattempo sviluppatesi di fucinare e forgiare il ferro, ricavandone un eccellente acciaio.

I fabbri che per generazioni si erano arrovellati vanamente per produrre da un canto armature impenetrabili e dall'altro spadoni in grado di squarciarle, avevano matu-

---

1 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., *p.* 81.

rato, in quell'incessante, e contraddittoria, ricerca, la tecnologia per ottenere un acciaio di straordinaria durezza ed al contempo di persistente elasticità in dimensioni e quantitativi fino ad allora impensabili. L'ideale, quindi, per costruire molle per le armi da lancio, dalle piccole balestre manesche alle grandi da posta, nonché per sostituire le matasse elastiche delle antiche artiglierie nevrobalistiche, troppo condizionate dalle variazioni meteorologiche.

Tuttavia, pur disponendo dell'acciaio con la giusta e permanente elasticità, realizzare una nuova generazione di macchine da lancio a flessione di rilevante grandezza, continuava a presentare difficoltà straordinarie. Anche dando per scontata la capacità di forgiare un arco metallico di opportuna grandezza era poco credibile che i suoi corni fossero riusciti, dal punto di vista della resistenza, perfettamente simmetrici, bastando una lievissima disomogeneità, anche soltanto in fase di tempra, a squilibrarlo irrimediabilmente. Senza contare che un'arma siffatta avrebbe necessariamente comportato il bloccaggio dell'arco al di sotto del fusto con conseguente fortissimo sfregamento della corda sullo stesso, essendo impossibile adottare il sistema a slitta per l'entità delle sollecitazioni verso il basso.

E' interessante osservare che nella descrizione della *ballista quadrirotis*, si faceva riferimento ad un gruppo elastico non tipicamente a torsione. Al riguardo, infatti, il brano dell'Anonimo è forse il: "...passo 'tecnico' più dibattuto di tutto il *De rebus bellicis: «hoc ballistae genus... sagittas ex se, non ut aliae funibus, sed radiis intorta iaculatur»*. L'interpretazione del Thompson è che la *quadrirotis* non era più una macchina basata sul principio della fasce elastiche a torsione, e quindi traduce: «Questo tipo di ballista lancia frecce non per torsione di funi, come nel caso di altre balliste, ma per mezzo di sbarre»; e pur ammettendo che il testo non è molto chiaro e quindi capire il funzionamento di questa nuova ballista nei suoi particolari è un problema al quale non si può dare risposta sicura, conclude che l'Anonimo mostrò una notevole creatività abbandonando la torsione come fonte di energia per la propulsione..."(**2**).

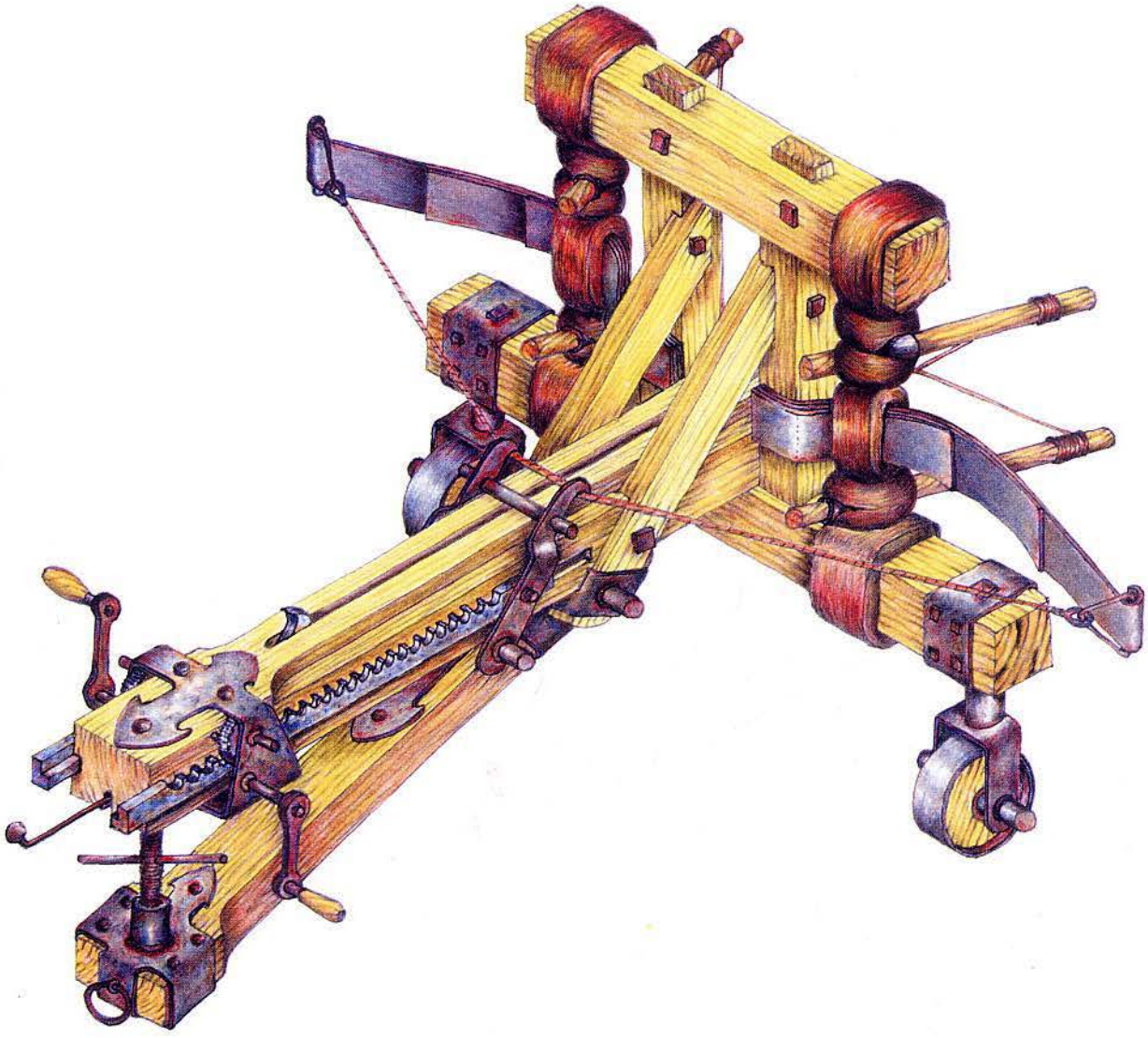
In realtà il testo sembra proprio descrivere un arco composto da due distinte sbarre collocate entro matasse ritorte, in modo che le seconde compensassero, magari tramite una rudimentale registrazione con leve di legno le differenze delle prime. E questa potrebbe essere stata la maniera di equiparare i distinti segmenti del grande arco d'acciaio, soluzione che molto probabilmente si finì allora per adottare dopo una serie sicuramente lunga di esperimenti. Si trattava, a ben vedere, di una riproposizione aggiornata della configurazione canonica delle artiglierie a torsione a due braccia indipendenti. Ed appunto come quelle anche queste catapulte presupponevano un bilanciamento delle due simmetriche molle.

Quanto abbiamo appena accennato deve ovviamente riferirsi alle armi di maggiore potenza e di più sofisticata impostazione, forse abbastanza simili a quelle magistralmente disegnate da Viollet le Duc alla fine dell'Ottocento.

---

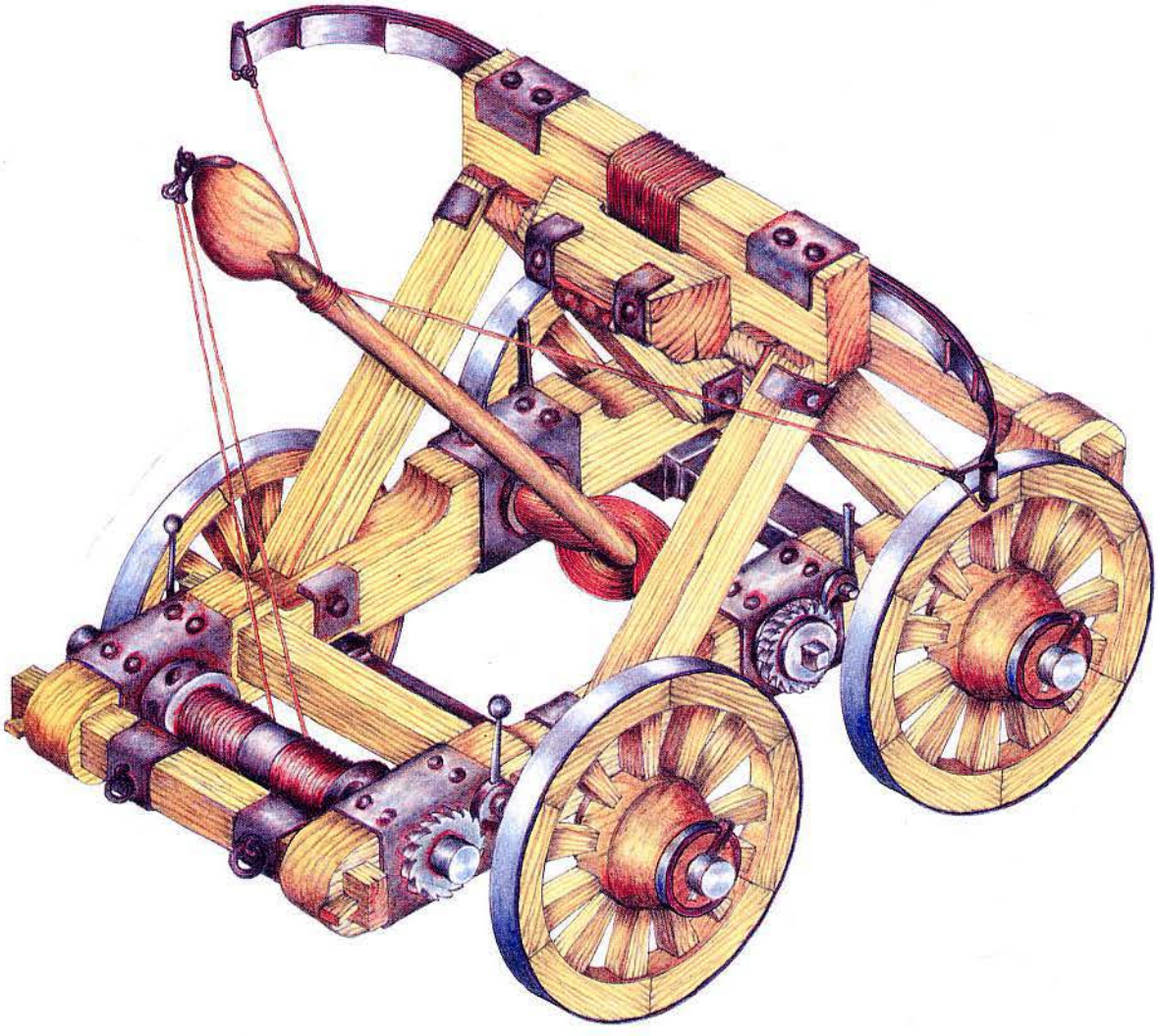
2 - Da M. A. TOMEI, *La tecnica...*, cit., p. 70

Tornando al manoscritto dell'Anonimo è interessante osservare che l'interpretazione del brano citato fornita dal Marsden ridimensiona la supposizione dell'arco a segmenti d'acciaio sulle baliste *quadrirotis*. A suo parere la novità esposta dall'Anonimo deve riferirsi non al gruppo motopropulsore ma al sistema di connessione tra il verricello e la corda arciera. In altri termini non sarebbe più avvenuto mediante alcune funi ma attraverso delle barre dentate di ferro. Curiosamente è proprio questo il sistema che il le Duc adottò nella sua grande balestra da torno, quasi che avesse sintetizzato le diverse interpretazioni dell'antico ignoto trattatista.



XXVIII - GRANDE BALESTRA DA TORNO, liberamente tratta dalla ricostruzione grafica di Viollet le Duc.La macchina ascrivibile al XII-XIII secolo appare già ricca di soluzioni meccaniche avanzate, le stesse che si ritroveranno nelle artiglierie a polvere nei decenni successivi.Anche in questo caso il grande arco a balestra è supposto in due metà compensate da altrettante matasse a torsione.Il dispositivo di caricamento è a cremagliera d'acciaio, tipico delle più potenti balestre.

Infatti nella sua ricostruzione grafica appare una doppia cremagliera, peraltro reminiscenza delle migliori balestre manesche medievali, movimentata da una coppia di martinetti terminante con due arpioni che agganciavano la corda trascinandola fino ad un eccentrico posto al termine del canale di lancio. Scomparsa del tutto la slitta, come accennato, con i relativi arresti di sicurezza lineari o circolari, essendo il trascinamento con i martinetti autobloccante. Anche il dispositivo di sgancio venne completamente modificato adattandosi allo scopo un congegno a scatto con molle di rinvio ed eccentrici. Per la regolazione dell'alzo si adottò un sistema a vite, che divaricava la coda del fusto modificando l'inclinazione del canale. Quest'ultimo dispositivo si ritroverà di lì a breve sulle artiglierie a polvere dell'ultimo medioevo.



XXIX - QUADRIROTIS MEDIEVALE liberamente inspirata alla ricostruzione di Viollet le Duc.Il celebre architetto francese, particolarmente esperto nell'artigianato medievale, disegnò questa macchina tenendo conto di tutte le possibili soluzioni tecniche disponibili all'epoca. Per quanto riguardava il sistema motore si avvalse di un grande arco d'acciaio, forse in due sezioni, giuntate dietro il montante centrale, nonchè di una grossa matassa elastica.Le due molle, di disparata natura e funzionanti una per flessione e l'altra per torsione, risultavano fra loro complementari dal punto di vista energetico, fornendo alla macchina vantaggi del tutto inediti.

La grande balestra così realizzata, funzionante grazie all'energia fornita dalla integrazione di matasse elastiche a torsione con piastre d'acciaio elastiche a flessione, conservò delle remote antenate la distinzione dimensionale in base alla lunghezza del verrettone. In innumerevoli documenti infatti si legge di balestre da due o da tre piedi, ovvero destinate al tiro di dardi di cm 65 circa, o di 100.

Il concetto di sintesi fra torsione e flessione si ritrova in un'altra ricostruzione grafica dello stesso geniale architetto studioso della tecnologia medievale: la catapulta ruotata.

In linea di larga massima non differisce molto da quella tardo imperiale a suo tempo descritta. La vera novità deve rilevarsi nel gruppo di ingranaggi e di arpionismi impiegati per la messa in tensione della matassa in cui è inserita la base del braccio, fatto ruotare da un potente paranco posteriore. Sempre sul braccio, ma poco al di sotto della sua cucchiaia stava fissata la corda i cui estremi erano agganciati ai corni di un grande arco a balestra d'acciaio.

Nonostante le prestazioni senza dubbio notevoli di quest'ultima tipologia di catapulte, il loro sviluppo in pratica si limitò agli accennati prototipi, peraltro rapidamente dismessi. Negli stessi anni, infatti, aveva gradatamente preso piede fino a divenire l'artiglieria meccanica per antonomasia una macchina di gran lungo più potente ed affidabile: il trabocco.

Artiglieria a gravità: il trabocco

Tanto le artiglierie a flessione quanto quelle a torsione, di qualsiasi dimensione e complessità fossero state, utilizzavano quale forza propulsiva unicamente l'energia elastica. Persino l'alternativa di Ctesibio ad aria compressa, in sostanza, non si discostava dal medesimo criterio trattandosi pur sempre di un ciclo compressione-espansione.

Qualcosa di completamente diverso, ma sempre per lo stesso scopo e nello stesso ambito cronologico, fu elaborato dalla civiltà cinese. Per esattezza storica, fra il V ed il III secolo a.C., sotto la dinastia Zhou i tecnici militari avevano inventato una efficace e potente macchina da lancio, basata sullo sfruttamento della forza di gravità quale fattore propulsivo. Dopo innumerevoli esperienze pratiche e progressivi perfezionamenti, la terribile arma raggiunse il Mediterraneo quando ormai l'Impero romano d'occidente era in piena dissoluzione, precariamente difeso da Bisanzio. E quasi certamente furono proprio i Bizantini, ormai i rappresentanti più avanzati della cultura scientifica occidentale ad impossessarsi della nuova macchina, avendola osservata in uno dei tanti assedi condotti dalle orde mongole, o dai Persiani.

Circa la sua origine orientale regna una sostanziale concordanza fra gli studiosi. La maggior parte di loro, infatti ritiene che: "...l'Europa deve alla Cina l'ispirazione iniziale di un nuovo tipo di artiglieria, che sotto il nome di *huop'ao* appare per la prima volta nel 1004 d.C. La nuova arma consisteva in un grosso braccio con fionda imperniato su di un telaio e azionato da uomini che tiravano all'unisono delle corde attaccate all'estremità del braccio priva di fionda. Essa fa una prima comparsa in Europa in un manoscritto moza-

rabico dell'inizio del XII secolo, ed appare di nuovo nel 1147 durante l'assalto dei crociati del nord di Lisbona..."(3).

Circa la menzionata datazione, invece, vi sono netti dissensi, poiché fino a non molto tempo fa l'irruzione del mangano nel teatro europeo era fatta risalire ad un periodo successivo al VII secolo, o più verosimilmente all'VIII. In ogni caso in un contesto cronologico troppo tardo per aver potuto svolgere un qualche ruolo o influenza nella espansione islamica successiva alla morte di Maometto nel 632, scandita da una interminabile teoria di assedi. Di recente, però, è stato dimostrato che già alla fine del '500 tale macchina era ormai perfettamente nota anche in Arabia, dove anzi se ne avviò pure il perfezionamento funzionale. Di certo lo: "...sviluppo di questa macchina fu rapido ed internazionale. Un trattato arabo scritto in Siria fra il 1187 ed il 1192 non solo parla di forme arabe, turche e franche della nuova arma, ma ne descrive ed illustra una versione ben più complessa, attribuita alla Persia, azionata da un contrappeso oscillante. In Europa è conosciuta intorno al 1199 con il nome di *trabuchet* (trabucco), ed è strano che questa interessante sostituzione della forza di gravità alla forza umana debba essere fatta risalire da fonte siriana all'Iran, perché dopo il 1220 circa le fonti orientali chiamano frequentemente queste macchine *magrini*, che significa 'occidentale' e forse 'franco'. Inoltre mentre i *trebuchets* si diffondono con grande rapidità in Europa e rimpiazzano rapidamente le vecchie macchine a torsione, la nuova e più potente artiglieria sembra essere entrata a far parte in un modo determinante dell'esercito mamelucco solo nella seconda metà del XIII secolo..."(4).

A renderne ancora più precisa e capillare la diffusione contribuì una ennesima scorreria mongola, nel corso della quale le orde dilaganti si avvalsero di compagnie di artiglieri cinesi e turchi da impiegare negli investimenti ossidionali che si paravano loro innanzi. Oltre alla mano d'opera tali *equipe* fornivano pure le armi stesse, che costituivano una sorta di loro precipuo accessorio.

Fu allora che la tremenda artiglieria a gravità si guadagnò una atroce celebrità in Occidente, essendo capace di prestazioni balistiche fino a quel momento assolutamente inimmaginabili. Suo tramite, infatti, riusciva possibile scagliare proietti di alcuni quintali, persino di una tonnellata, a distanze di alcune centinaia di metri: ben poche fortificazioni erano in grado di sostenerne l'offesa. Ed in quei casi si impiegò una nuova e più terrificante peculiarità di quell'arma, premessa della guerra batteriologica. Avvalendosi della sua potenza si lanciavano all'interno delle disgraziate città assediate cadaveri in avanzato stato di decomposizione, spesso di appestati, malattia endemica presso le orde asiatiche. Un episodio del genere si ebbe nel 1345-46 a Kaffa, in Crimea. Mentre: "...assediavano questo avamposto genovese nel Mar Nero, le forze mongole furono colpite dalla peste, che si diffuse rapidamente nei loro ranghi. Prima di ritirarsi esse scagliarono nella città i cadaveri infettati, e da Kaffa i mercanti genovesi diffusero in tutti i porti del Mediterraneo il flagello della peste nera..."(5).

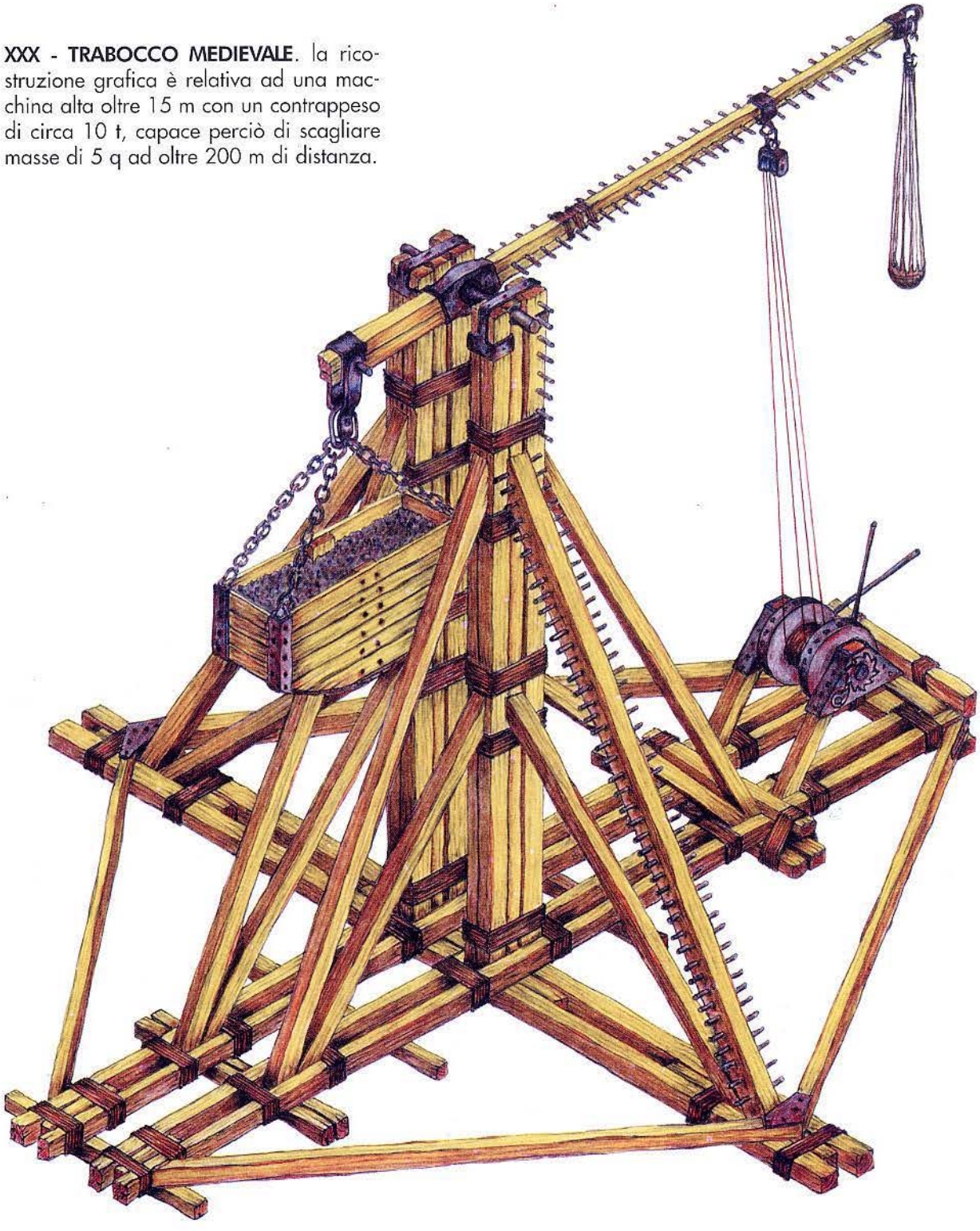
---

3 - Da L. WHITE jr, *Tecnica e società nel Medioevo*, Milano 1976, pp. 163-164

4 - Da L. WHITE jr, *Tecnica...*, cit., p. 162.

5 - Da P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente macchina da guerra del Medioevo*, in *Le scienze* n°325, settembre 1995, p. 76.

Il criterio costruttivo: "...del trabocco era semplicissimo, in quanto l'arma consisteva in una trave rotante imperniata su un asse che suddivideva la trave stessa in un braccio lungo e uno corto. Il braccio lungo terminava con un'imbracatura, o fionda, per il proiettile, e quello corto con un contrappeso o con una struttura a cui erano fissate le funi di trazione.



XXX - TRABOCCO MEDIEVALE. la ricostruzione grafica è relativa ad una macchina alta oltre 15 m con un contrappeso di circa 10 t, capace perciò di scagliare masse di 5 q ad oltre 200 m di distanza.

Quando il dispositivo era posizionato per il lancio, il braccio corto era puntato verso l'alto; non appena la trave veniva liberata, il braccio lungo si alzava, espellendo il proiettile dalla tasca della fionda..."(6).

Prendendo spunto dalla citazione, occorre fare subito una netta distinzione fra i trabocchi a trazione e quelli a contrappeso. Ovviamente i primi vanno considerati senza dubbio i più arcaici: per molti storici della tecnologia quella efficace macchina da lancio deve essere messa in relazione con i bilancieri usati in area mediorientale per attingere l'acqua dai pozzi. Anche quei rozzi e rudimentali congegni funzionavano, e continuano a funzionare, tramite un'asta a bilico, sospesa asimmetricamente ad un montante verticale e munita ad una estremità di contrappeso. Ad azionarla basta la forza di un solo uomo, o più spesso di una sola donna!

Ad azionare invece i trabocchi provvedevano nutrite squadre di serventi che tiravano delle funi fissate al braccio dell'arma. La resa balistica, per una macchina tanto elementare, logicamente non poteva essere di rilevante consistenza, forse ancora più modesta di quella di una piccola balista. Per accrescere la massa dei proietti esisteva una sola soluzione: incrementare i serventi. Di siffatti approssimati trabocchi le cronache locali ne ricordano alcuni azionati persino da 250 uomini: facile immaginare la difficoltà di sincronizzarne gli sforzi. Nessuna meraviglia, pertanto, se in breve tempo, all'incontrollabile lavoro di tanti uomini, si preferì quello fornito dalla caduta di un unico enorme contrappeso.

Per rendere il braccio lungo ancora più lungo alla sua estremità venne applicata una sorta di fionda, del tipo di quella impiegata negli onagri, anch'essa apribile automaticamente per effetto della reazione centrifuga intorno ai 45° di rotazione.

La notevole potenza del trabocco, alla quale deve imputarsi l'abietta pratica del lancio dei cadaveri, derivava proprio dalla enorme massa del contrappeso, che fu gradatamente incrementata fino a raggiungere, non di rado, alcune decine di tonnellate. E dopo innumerevoli osservazioni se ne ottimizzò anche la maniera d'aggancio al braccio. In particolare: "...la successiva innovazione fondamentale fu l'introduzione del contrappeso incernierato. Durante il caricamento, la cassa del contrappeso pendeva verticalmente dalla cerniera, formando un angolo con il braccio; quando quest'ultimo veniva liberato, la cassa ruotava intorno alla cerniera fino a trovarsi sul prolungamento del braccio. Il risultato di questo moto era che la distanza della cassa del contrappeso dal punto di rotazione della trave, e quindi il suo guadagno meccanico, variavano nel corso del ciclo.

Questa soluzione aumentava considerevolmente la quantità di energia trasmessa al proiettile attraverso la trave. Gli ingegneri medievali osservarono che, a parità di condizioni, le macchine a contrappeso incernierato avevano una gittata maggiore di quelle a contrappeso fisso. Le... simulazioni al calcolatore indicano che un trabocco a contrappeso incernierato è in grado di trasferire al proiettile circa il 70 per cento della propria energia..."(7). La piccola perdita deve attribuirsi all'oscillazione che compie la trave dopo l'e-

---

6 - Da P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente...*, cit. , p. 77

7 - Da P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente...*, cit., p. 78.

spulsione del proietto prima di fermarsi completamente, oscillazione che riduce le sollecitazioni all'intera struttura, che pertanto non rimbalza o salta come capitava con l'onagro.

E' singolare, infine, che proprio gli studi e l'esperienze compiute per ottimizzare il funzionamento del contrappeso del trabocco, costituiscano le premesse scientifiche della scoperta dell'isocronismo del pendolo. Infatti: "...con un esempio così spettacolare dell'uso della forza di gravità dinanzi agli occhi, i tecnici del XIII secolo tentarono di imbrigliarla per risolvere uno dei loro problemi più pressanti: l'invenzione di un orologio adeguato... Un misuratore meccanico del tempo azionato a pesi sembrò la migliore soluzione; così i contemporanei di san Tommaso d'Aquino si misero d'impegno per costruirne uno..."(8). Ma sarà Galileo a risolvere compitamente la questione, appunto con un orologio basato sull'oscillazione di un braccio intorno ad perno.

In conclusione, quindi, il trabucco medievale a gravità risulta costituito da una spessa e lunga trave, in genere eccedente la ventina di metri, capace di oscillare intorno ad un perno fissato sulla sommità di un robusto traliccio. Della primordiale concezione permaneva la divisione asimmetrica delle trave, con una parte molto estesa e relativamente sottile alla cui estremità stava fissata l'imbracatura della fionda, e l'opposta corta e tozza terminante nel contrappeso.

Per caricare l'arma si portava il braccio della fionda al livello del terreno, operazione che implicava l'impiego di un poderoso paranco dovendosi contemporaneamente sollevare il contrappeso, spesso anche a più di dieci metri di altezza. Bloccata in sicurezza la trave si poneva nella fionda il proietto, avendo cura di stendere l'imbracatura lungo l'asse del basamento della macchina. Appena esauriti tutti i preliminari, liberato l'arresto, il contrappeso piombava verso il basso, imprimendo una fulminea rotazione al braccio che a sua volta la trasmetteva, tramite l'imbracatura, che si distendeva completamente per effetto della forza centrifuga, alla fionda. Quest'ultima in prossimità dei 45° di rotazione si apriva liberando il proietto che continuava la sua traiettoria fino al bersaglio, mentre la trave del trabocco si produceva in una serie decrescente di oscillazioni inerziali, arrestandosi, senza alcun sobbalzo, sul terreno dopo alcuni minuti.

Conoscendo le dimensioni di un trabocco non è difficile calcolare la velocità iniziale che riusciva ad imprimere ai suoi proietti: per i tipi maggiori, e più evoluti, si attestava intorno alla cinquantina di m/sec, al di sotto quindi di quella delle catapulte e forse anche della baliste migliori. Tuttavia considerando la rilevanza della massa che armi siffatte erano in grado di scagliare non stupisce la loro capacità di demolire opere fortificate di consistente mole da alcune centinaia di metri di distanza. Per fornire un'idea della terribile potenza delle artiglierie meccaniche a contrappeso basti considerare che una recente ricostruzione di un trabocco effettuata in Inghilterra, con un contrappeso di circa 30 tonnellate, ha scagliato una utilitaria senza motore, del peso di quasi 5 quintali ad un centinaio di metri di distanza! Relativamente al passato, si sa con certezza di trabocchi capaci di lanciare gravi di oltre una tonnellata ad alcune centinaia di metri di distanza.

---

8 - Da L. WHITE jr, *Tecnica...*, cit., p. 165.

La fine di un'era

Esattamente come verificatosi con la grande catapulta riproposta da Villet le Duc, anche durante la lunga fase d'impiego del trabocco comparve un ordigno che dapprima condivise con lo stesso il teatro ossidionale e quindi lo soppiantò definitivamente: il cannone.

Fiumi d'inchiostro sono stati profusi nel tentativo di accertare la sua data di nascita effettiva: ma senza precisare cosa si debba intendere esattamente per cannone sarà impossibile qualsiasi affermazione in merito. Per la Storia della Poliorcetica, come più in generale per quella della tecnologia e della civiltà, l'invenzione e, soprattutto, l'impiego propulsivo della polvere pirica, rappresenta un punto nodale, equiparabile forse alla scoperta del fuoco. Di certo per la prima volta l'uomo potè padroneggiare energie notevolmente superiori a quelle fino ad allora disponibili che, per un verso o per l'altro, erano riconducibili alla forza muscolare più o meno ingegnosamente accumulata, più o meno rapidamente liberata, ma mai eccedente la somma delle potenzialità di pochi individui. Da quel momento, invece, le energie impiegate in ambito militare, ed ossidionale in particolare, non avranno alcun limite insormontabile e tenderanno continuamente a crescere.

Come accennato, i prodromi della vicenda, per quanto è possibile arguire dalle incerte fonti, sembrano rimontare agli inizi del XIII secolo. In un manoscritto arabo dell'epoca si rintraccia una dettagliata relazione circa un miscuglio composto di dieci parti di salnitro, due di carbone ed una e mezzo di zolfo. L'autore precisa che, per ricavarne un impiego propulsivo, una volta messe insieme, le tre sostanze andavano pestate e triturate, in granuli sottilissimi, e quindi costipate all'interno di un tubo, per un terzo della sua lunghezza. Facile, a quel punto, provocandone la deflagrazione per mezzo di una fiammella, far espellere violentemente dal tubo stesso una palla, o una freccia, in precedenza inseritavi. E' innegabile che l'ignoto trattatista abbia così fornito la descrizione di una rudimentale bocca da fuoco: disgraziatamente però è improbo appurare con assoluta certezza la data del documento e la sua effettiva originalità. Una indiretta conferma cronologica, tuttavia, si coglie proprio nell'approssimazione del congegno, simile ad altri coevi, che per la scriteriata composizione della polvere, per la discrezionalità della quantità impiegata e per l'imponderabile resistenza del metallo sarebbe risultato estremamente pericoloso soltanto per chi avesse osato anche minimante maneggiarlo. Nessuna meraviglia, quindi, che per un lungo periodo, pur risapendosi perfettamente dell'effetto pirotecnico, lo si relegasse al ruolo di strana curiosità, evitandone qualsiasi utilizzazione pratica come arma. Al riguardo, però, bisogna aggiungere che in molti memoriali e cronache del XIII e del XIV secolo si fa riferimento a *tormenta tonanti*: la precisazione è estremamente significativa.

Le prime artiglierie, infatti, non godettero di una precisa definizione linguistica, come del resto di un precipuo impiego, rispetto alle più sperimentate e funzionali macchine da lancio: scagliavano comunque palle di pietra contro fortificazioni e, per conseguenza, si chiamarono anch'esse *tormenta*. La sola differenza, sensibilissima, consisteva nell'assordante fragore prodotto dal loro impiego. Ragion per cui i cronisti più scrupolo-

si iniziarono a precisare se, nel particolare assedio, erano stati schierati congegni silenziosi o tonanti. Per lungo tempo quella nota distintiva rimase l'unica traccia dell'impiego della nuova arma. Quanto tale diversificazione fosse reputata basilare lo dimostra il fatto che ancora intorno alla metà del '300, in alcuni manoscritti se ne individuano gli estremi echi. Nel 1340, ad esempio, nel corso dell'assedio di Tarifa in Spagna, condotto dai Mori, si utilizzarono da parte di quest'ultimi:

> "*...maquinas y ingenios de truenos que lanzaban balas de hierro...* "(**9**).

Un paio di anni dopo sono i soldati di Alfonso XI ad assediare i Mori in Algesiras, ed in tale circostanza ancora una volta:

> *"... los Moros de la ciudad lançaban muchos truenos contra la hueste en que lançaban pallas de hierro tan manas como mançanos may grandes..."*(**10**).

In ogni caso, con l'avanzare del XIII secolo, i riferimenti ad armi da fuoco impiegate negli investimenti ossidionali divengono sempre più frequenti ed espliciti, lasciando motivatamente concludere che qualcosa di molto simile ad una sia pur rudimentale artiglieria doveva ormai essere comparsa. E soprattutto, il suo impiego avveniva in maniera progressivamente meno sperimentale ed episodica, a differenza di quanto era accaduto nei decenni precedenti, in varie parti d'Europa, e specialmente in Italia. Per avere, però, la certezza dell'avvento delle bocche da fuoco dobbiamo attendere i primi decenni del XIV secolo, ed in particolare il 1322, anno in cui fu fuso a Mantova un vaso di bronzo, una sorta di mortaio completo di foro focone, nonchè di gioia di bocca e di culatta. A partire dalla sua data di fusione, le notizie sulle artiglierie divengono innumerevoli ed estremamente circostanziate. In ogni caso va ribadito che l'ambito d'impiego delle stesse fu per quasi due secoli esclusivamente quello degli assedi, ovvero finalizzato alla demolizione a distanza delle fortificazioni. Non è, perciò, affatto casuale che le bombarde, fino alla conclusione del Medioevo, continuarono a scagliare palle di pietra, esattamente come le antiche artiglierie meccaniche, sebbene di dimensioni maggiori.

Paradossalmente però la diffusione delle armi da fuoco fu, per un discreto numero di anni, caratterizzato dalla prevalenza quasi assoluta dei piccolissimi calibri, ovvero delle cosiddette armi 'manesche'. Infatti: "...è assai probabile che all'inizio quasi tutte le armi siano state di piccole dimensioni, tanto piccole che un solo uomo poteva reggerle con una mano, mediante un manico, e applicare con l'altra un ferro incandescente al focone.

All'occorrenza si poteva piantare il manico per terra, dandogli l'inclinazione voluta, e dar fuoco alle polveri evitando di assorbire sul corpo il contraccolpo dello sparo. Comunque ci si rese conto assai presto che si potevano realizzare pezzi d'artiglieria di dimensioni notevoli, per i quali in Italia si usava di preferenza la definizione di 'bombar-

---

9 - La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie*, Milano 1919, p. 67.

10 - Da E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*, cit., p. 67.

de'. Questo tipo di artiglieria, che oggi potremmo definire 'pesante', poteva essere molto utile durante gli assedi, anche se per molto tempo non riuscì a superare in efficacia le catapulte e le altre macchine nevrobalistiche..."(**11**).

Quando dopo oltre duecento anni di modesti perfezionamenti apportati alle bombarde, finalmente scomparvero soppiantate dal cannone e dalle sue palle di ferro non solo si concludeva un lungo intervallo tecnologico, ma anche il lungo Medioevo. Eppure, per altri tre decenni ancora, l'ultimo rappresentante delle *tormenta silenziose,* il trabocco continuò ad essere impiegato, concludendo la sua lunga attività nel Nuovo Mondo nel 1521. Eccone l'incredibile memoria.

Dopo circa tre mesi di assedio intorno a Tenochtitlàn, odierna città del Messico, le munizioni per le artiglierie spagnole iniziavano ormai a scarseggiare. A quel punto un semplice soldato, tal Sotelo, reduce dalla campagna per la conquista del regno di Napoli, si presentò a Cortes affermando di essere capace di costruire un trabocco, avendolo visto fare in Italia, in modo da poter continuare il bombardamento alla disgraziata capitale atzeca. L'offerta, manco a dirlo, fu entusiasticamente accettata, ed in pochi giorni, sotto gli sguardi atterriti degli assediati ed incuriositi dei commilitoni, l'improvvisato ingegnere eresse la sua macchina. Caricatala ed armatala con un grosso pietrone nella fionda, rimosse l'arresto: con violenza inimmaginabile, il braccio ruotò verso l'alto ma la fionda si aprì prematuramente scagliando verticalmente il proietto. Questo, raggiunta una discreta quota, piombò giù esattamente sulla macchina schiantandola!

Si concludeva così ingloriosamente la lunga esistenza delle artiglierie meccaniche: quasi venti secoli e ben tre continenti separavano in quel giorno d'agosto del 1521 a Città del Messico, gli estremi della vicenda, premessa basilare dell'attuale civiltà tecnologica.

Nel bene e nel male.

---

11 - Da S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio al Kalashnikov, sette secoli di armi da fuoco*, Milano 1992, p. 14.

INDICE ICONOGRAFICO

1 - Leonardo da Vinci: progetto di carro armato . . . . . p. 22
2 - Tank MKI dell'Esercito Britannico 1918 . . . . . p. 23
3 - Assurbanipal: bassorilievo di assedio . . . . . p. 27
4 - Rebiana: pozzo con bilanciere . . . . . p. 29
5 - Germa: pozzo con dispositivo di prelievo. . . . . p. 30
6 - Bardai: pozzo con bilanciere . . . . . p. 31
7 - Filare di Pini. . . . . p. 35
8 - Castagno secolare. . . . . p. 36
9 - Pioppo bianco . . . . . p. 37
10 - Quercia ultrasecolare . . . . . p. 38
11 - Bosco di Faggi . . . . . p. 39
12 - Stampa '800 assedio di Platea . . . . . p. 43
13 - Bologna: torre degli Asinelli . . . . . p. 51
14 - Bologna: torre della Garisenda. . . . . p. 52
15 - Veduta aerea dei ruderi di Masada. . . . . p. 55
16 - Terlizzi: carro votivo . . . . . p. 56
17 - Grande ruota calcatoia romana . . . . . p. 69
18 - Carro semovente di Francesco di Giorgio. . . . . p. 79
19 - Testa di ariete in bronzo. . . . . p. 94
20 - Veduta aerea centro storico di Siracusa . . . . . p. 99
21 - Dettaglio dei ruderi dell'Apollion. . . . . p. 100
22 - Veduta aerea ruderi Castello Eurialo, da est. . . . . p. 101
23 - Castello Eurialo, da ovest. . . . . p. 102
24 - Ricostruzione di Hacilar 5400 a.C. . . . . p. 107
25 - Ricostruzione di Mersin 4000 a.C. . . . . p. 107
26 - Scorcio ruderi di Velia, Sa . . . . . p. 109
27 - Una torre della cerchia di Paestum . . . . . p. 109
28 - Dettaglio torre di Paestum . . . . . p. 110
29 - Armatura guerriero dell'VII secolo a.C. . . . . p. 112
30 - Arco composito con faretra . . . . . p. 119
31 - Costa pugliese . . . . . p. 128

32 - Balestra medievale . . . . . p. 132
33 - Cuma: ruderi delle fortificazioni . . . . . p. 153
34 - Cuma: accesso all'Antro della Sibilla . . . . . p. 154
35 - Cuma: dettaglio della galleria dell'Antro . . . . . p. 155
36 - Cuma: dettaglio apertura esterna . . . . . p. 156
37 - Paestum: dettaglio aggetto torre . . . . . p. 160
38 - Ostia: bassorilievo fabbricazione attrezzi . . . . . p. 169
39 - Arcaica sega a telaio da falegname . . . . . p. 170
40 - Pompei: palle per baliste . . . . . p. 181
41 - Pompei: palle per baliste, dettaglio . . . . . p. 182
42 - Ercolano: villa Signorini, palla di balista . . . . . p. 183
43 - Ercolano, dettaglio palla di balista . . . . . p. 184
44 - Pompei: impronta impatto proietto . . . . . p. 185
45 - Pompei: impronta impatto proietto . . . . . p. 185
46 - Pompei: impronta impatto proietto . . . . . p. 186
47 - Pergamo: fregio con trofeo di armi . . . . . p. 188
48 - Rappresentazione grafica esecutiva . . . . . p. 194
49 - Schema cronologico, supporti matasse . . . . . p. 201
50 - Resti catapulta di Ampurias . . . . . p. 204
51 - Piastra frontale catapulta Cremona . . . . . p. 209
52 - Flangie per catapulta di Cremona . . . . . p. 210
53 - Rilievo grafico flangie di Cremona . . . . . p. 210
54 - Una flangia in dettaglio . . . . . p. 211
55 - Idem . . . . . p. 211
56 - Idem . . . . . p. 212
57 - Idem . . . . . p. 212
58 - Idem . . . . . p. 213
59 - Idem . . . . . p. 213
60 - Idem . . . . . p. 214
61 - Idem . . . . . p. 214
62 - Idem . . . . . p. 215
63 - Idem . . . . . p. 215
64 - Idem . . . . . p. 216
65 - Idem . . . . . p. 216

66 - Idem . . . . . p. 217
67 - Idem . . . . . p. 217
68 - Idem . . . . . p. 218
69 - Idem . . . . . p. 218
70 - Flangia con sbarretta vista dall'alto . . . . . p. 220
71 - Idem . . . . . p. 220
72 - Flangie ed arpionismi di Mahdia. . . . . p. .223
73 - Dettaglio flangia sinistra di Mahdia . . . . . p. 224
74 - Dettaglio flangia destra di Madhia . . . . . p. 224
75 - Dettaglio ruota semidentata sinistra . . . . . p. 225
76 - Dettaglio ruota semidentata destra. . . . . p. 225
77 - Dettaglio ruota sinistra ad arpioni coperti. . . . . p. 226
78 - Dettaglio ruota ad arpioni coperti destra . . . . . p. 226
79 - Rilievi grafici componenti per catapulte . . . . . p. 231
80 - Dettaglio Colonna Traiana con catapulta . . . . . p. 239
81 - Dettaglio Colonna Traiana con catapulta . . . . . p. 240
82 - Pompei, scorcio delle mura. . . . . p. 243
83 - Pompei: panoramica delle mura settentrionali . . . . . p. 244
84 - Pompei: dettaglio di una torre. . . . . p. 245
85 - Pompei: dettaglio cornicione di torre . . . . . p. 245
86 - Pompei: dettaglio di una torre. . . . . p. 246
87 - Rilievo grafico delle mura di Pompei . . . . . p. 248
88 - Pompei: impronta impatto proietto sferico. . . . . p. 248
89 - Idem . . . . . p. 249
90 - Idem . . . . . p. 249
91 - Pompei: impronta impatto proietto smussato . . . . . p. 250
92 - Pompei: impronta proietto sferico . . . . . p. 250
93- Pompei: impronta proietto a testa piatta . . . . . p. 251
94 - Pompei: impronta proietto sferico. . . . . p. 251
95 - Pompei: impronta impatti piccolo calibro . . . . . p. 252
96 - Cranio trapassato da cuspide di catapulta . . . . . p. 253

INDICE TAVOLE

I - Testuggine . . . . . p. 13
II - Tollenone . . . . . p. 32
III - Torre ambulatoria arcaica . . . . . p. 41
IV - Torrino telescopico elepoli . . . . . p. 45
V - Elepoli di Posidonio . . . . . p. 59
VI - Apparato motore a ruote calcatoie . . . . . p. 71
VII - Apparato motore a cabestano . . . . . p. 72
VIII - Sistema di trasmissione per elepoli . . . . . p. 73
IX - Grande elepoli di Demetrio Poliorcete . . . . . p. 83
X - Dettaglio 'invertitori' . . . . . p. 85
XI - Gastrafete manesco . . . . . p. 131
XII - Balista di Caria di Magnesia . . . . . p. 144
XIII - Gastrafete di Zopiro . . . . . p. 146
XIV - Grande balista di Isidoro di Abido . . . . . p. 149
XV - Gruppo motopropulsore a pannelli . . . . . p. 203
XVI - Gruppo motopropulsore di Vitruvio . . . . . p. 228
XVII - Gruppo motopropulsore di Erone . . . . . p. 238
XVIII - Catapulta romana . . . . . p. 241
XIX - Carrobalista . . . . . p. 242
XX - Cilindro pneumatico per gruppo motopropulsore . . . . . p. 258
XXI - Catapulta a ripetizione . . . . . p. 260
XXII - Catapulta standard . . . . . p. 263
XXIII - Balista standard . . . . . p. 265
XXIV - Balista di Vitruvio . . . . . p. 268
XXV - Catapulta di Erone . . . . . p. 269
XXVI - Onagro . . . . . p. 271
XXVII - Balista quadrirotis . . . . . p. 276
XXVIII - Grande balestra da torno . . . . . p. 283
XXIX - Quadrirotis medievale . . . . . p. 284
XXX - Trabocco medievale . . . . . p. 287

INDICE AUTORI CITATI

N. AVIGAD, *Gerusalemme archeologia nella città santa*, Milano 1986

D. BAATZ, *Ein katapulte del Legio IV Macedonica aus Cremona*, in *Romische Mitteilungen*, 87, 1980

D. BAATZ, *Hellenistiche katapulte aus Ephyra*, in *Mitteilungen des deutschen archeologischen instituts athenische abteilung*, 97,1982

D. BAATZ, *Katapultteile aus dem schiffswrack von Madia (Tunisine)*, in *Archaologische gesellschaft su Berlin 1983/84*,Berlin 1985

C.BLAIR, *Enciclopedia ragionata delle armi*, Verona 1979

F. BRAUDEL, *Le strutture del quotidiano*, Torino 1982

G. CAMBIANO, *Aristotele e gli oppositori della schiavitù*, in *La schiavitù NEL MONDO ANTICO*, Bari 1990

G. CAMBIANO, *Alle origini della meccanica: Archimede e Archita*, in *Arachnion* n° 2.1, May 1996 - home page

F. CAPECELATRO, *Istoria della città, e regno di Napoli detto di Sicilia*, Napoli 1724

A. C. CARPICECI, *L'architettura di Leonardo*, Firenze 1978

A. CASSI RAMELLI, *Dalle caverne ai rifugi blindati*, Milano 1964

G. CERBO, F. RUSSO, *Parole e pensieri, raccolta di curiosità linguistico-militari*, Roma 2000

P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente macchina da guerra del Medioevo*, in *Le scienze* n°325, settembre 1995

G.CHIERA, *I Fenici mercanti e avventurieri dell'antichità*, Roma 1988

V.G.CHILDE, *Il progresso nel mondo antico*, Milano 1973

A. CIASCA, *Fortificazioni di Mozia (Sicilia). Dati tecnici e proposta di periodizzazione*, in *Atti del Colloquio Internazionale di Valbonne*, dicembre 1982, Parigi 1986

Z.CIUFFOLETTI, *Esercito, scienza e società*, in *Esercito e scienza*, Roma1991

Da E.CORTI, *Ercolano e Pompei*, Torino 1963

B. D'AGOSTINO, F. FRATTA, *Gli scavi dell'I.U. O. a Cuma negli anni 1994-95*, in Istituto Universitario Orientale, *Annali di Archeologia e storia antica*, Nuova serie n°2, Napoli 1995

C.DALIN, *Peregrinations along the great wall*, Hong Kong 1978

M. DAUMAS, *Storia della scienza*, Bari 1969

N. DAVEY, *Storia del materiale da costruzione*, Milano 1965

G. DE FLORENTIIS, *Storia delle armi bianche*, Milano 1974

A. DONNARI, *Il carro armato. Storia, dottrina, impiego*, Roma 1995

R. FIESCHI, *Dalla pietra al laser*, Roma 1981

F. FILIPPI (a cura di), *Dizionario d'ingegneria*, Torino 1970

H.A.L.FISHER, *Storia d'Europa*, Milano 1964

FLAVIO GIUSEPPE, *La guerra giudaica*, a cura di G. Vitucci, Verona 1978

FLAVIO VEGEZIO RENATO, *L'arte militare*, traduzione di A. Angelini, Roma 1984

Y. GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque*, Limonges 1974

Y. GARLAN, *Guerra e società nel mondo antico*, Imola 1985

A. GARZYA, *Storia della letteratura greca*, Torino 1979

B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Milano 1972

B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985

G. GIORDANO, *Tecnica delle costruzioni in legno*, Milano 1993

V. GOLDESCHIMIDT, *La teoria aristotelica della schiavitù e il suo metodo*, in *Schiavitù antica e moderna*, Napoli 1979

V. L. GROTTARELLI, *Le armi*, in *Ethnologica, l'uomo e la civiltà*, Milano 1965

P. G. GUZZO, *Le città scomparse della Magna Greci*, Perugia 1982

J. HARMAND, *L'arte della guerra nel mondo antico*, Roma 1975

A. M. LIBERATI, F. SILVERIO, *Legio, storia dei soldati di Roma*, Roma 1992

E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillery, historical devolopment*, Oxford 1969

E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillery, technical treatises*, Oxoford 1971

R. MARTIN, *Architettura Greca*, in *Architettura mediterranea preromana*, a cura di P.L. Nervi, Venezia 1972

L. MAUCERI, *Il castello Eurialo nella storia e nell'arte*, rist., Catania 1981

G. MONACO, M. CASERTANO, G. NUZZO, *L'attività letteraria nell'antica Grecia*, Firenze 1999

C. MONTU', *Storia dell'artiglieria italiana*, Roma 1932,

S. MOSCATI, *Antichi imperi d'Oriente*, Roma 1978

M. PAGANO, *Ricerche sulla cinta muraria di Cuma*, in *Mélanges de l'école française de Rome*, Mefra Tome 105, 1993, p. 847-850

M. PAGANO, *Considerazioni sull'antro della Sibilla a Cuma*, in Vol.LX *DEI RENDICONTI DELL'ACCADEMIA DI ARCHEOLOGIA LETTERE E BELLE ARTI DI NAPOLI 1985-1986*

M. PAGANO, *L'acropoli di Cuma e l'antro della Sibilla*, in *Civiltà dei Campi Flegrei*, atti del convegno internazionale, a cura di Marcello Gigante, Napoli 1992

C. PAVOLINI, *La vita quotidiana a Ostia*, Bari 1986

C. PEDRETTI, *Leonardo architetto*, Milano 1978

O. PIANIGIANI, *Vocabolario etimologico della lingua italiana*, Varese 1993

G. PONTIROLI,*Catalogo della sezione archeologica del Museo Civico 'Ala Ponzone' di Cremona*, Milano 1974

R. A. PRESTON, S. F. WISE, *Storia sociale della guerra*, Verona 1973

L. REDI, *Leonardo*, Berna 1974

L. ROSSI, *Rotocalchi di pietra. Segni e disegni dei tempi sui monumenti trionfali dell'Impero Romano*, Milano 1981

F. RUSSO, *Ingegno e paura, trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Tomo I e II, Roma 2002

P. SARDI, *Architettura militare*, Venezia 1639

A. SETTIA, *Comuni in guerra. Armi ed eserciti nell'Italia delle città*, Bologna 1993

W. SOEDEL, V. FOLEY, *Le antiche catapulte*, in *Le Scienze*, n° 129, maggio 1979

W. H. STAHL, *La scienza dei Romani*, Bari 1974

M. A. TOMEI, *La tecnica nel tardo impero romano: le macchine da guerra*, in *Dialoghi di archeologia*, N.S. 4, 1982

A. J. TOYNBEE, *L'eredità di Annibale, Roma e l'Italia prima di Annibale*, Torino 1981

D. H. TRUMP, *La preistoria del Mediterraneo dall'ottavo millennio all'ascesa di Roma*,Vicenza 1983

TUCIDIDE, a cura di Piero Sgroj, Napoli 1968

V. TUSA, *Selinunte: la cinta dell'acropoli*, in *La fortification dans l'histoire du monde grec*, in *Atti del Colloquio In-ternazionale di Valbonne*, dicembre 1982, Parigi 1986

VITRUVIO, *Il* De architettura*...nella traduzione inedita di Fabio Calvo Ravennate*, a cura di V. FONTANA e P. MORACHIELLO

L. WHITE jr, *Tecnica e società nel Medioevo*, Milano 1976

INDICE GENERALE

Presentazione

Premessa

Gli antefatti . . . . . p. 5
Metodo d'indagine . . . . . p. 9
Osservazioni cronologiche. . . . . p. 11
Osservazioni polemologiche . . . . . p. 14

Parte Prima: Elepoli

Precognizione e reminiscenza . . . . . p. 21
La genesi delle torri ambulatorie. . . . . p. 26
Modalità operative . . . . . p. 46
Caratteristiche strutturali e dimensionali. . . . . p. 48
Le elepoli semoventi . . . . . p. 57
Analisi funzionale e strutturale . . . . . p. 61

Parte seconda: Artiglieria Meccanica a Flessione

I prodromi. . . . . p. 99
Le prime tracce. . . . . p. 105
L'interdizione balistica . . . . . p. 111
Dall'arco alla balestra. . . . . p. 114
Genesi della balestra . . . . . p. 120
Dalla balestra al gastrafete . . . . . p. 124
I gastrafete . . . . . p. 130
Le catapulte . . . . . p. 137
I gastrafete di Bitone. . . . . p. 139
Ragguagli balistici . . . . . p. 158

Parte terza: Artiglieria Meccanica a Torsione

Allusioni ed invenzioni . . . . . p. 165
L'avvento . . . . . p. 167
Fisica della torsione . . . . . p. 171
Ulteriori dettagli costruttivi . . . . . p. 174
Capelli, crini e tendini. . . . . p. 176
Limiti d'impiego . . . . . p. 178

Le munizioni . . . . . p. 180
Problemi tecnici . . . . . p. 187
Problemi matematici . . . . . p. 189
Caratteristiche generali . . . . . p. 193
L'ancoraggio delle matasse . . . . . p. 199
L'evoluzione degli ancoraggi . . . . . p. 200
I reperti di Cremona . . . . . p. 207
I reperti di Mahdia . . . . . p. 223
Ulteriori perfezionamenti tecnici . . . . . p. 227
L'apporto di Erone . . . . . p. 232
Ruote ad arpioni . . . . . p. 235
Le artiglierie ruotate . . . . . p. 237
Prestazioni balistiche . . . . . p. 243
Gruppi motopropulsori alternativi . . . . . p. 256
Artiglieria a ripetizione . . . . . p. 259
Le ricostruzioni tecniche . . . . . p. 262
Le artiglierie ad un solo braccio: l'onagro . . . . . p. 271
Artiglieria pesante a torsione . . . . . p. 275

Epilogo: ARTIGLIERIA MECCANICA MEDIEVALE

Artiglieria a flesso-torsione . . . . . p. 281
Artiglieria a gravità: il trabocco . . . . . p. 285
La fine di un'era . . . . . p. 290

INDICE ICONOGRAFICO . . . . . p. 293

INDICE TAVOLE . . . . . p. 296

INDICE AUTORI CITATI . . . . . p. 297

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001
presso lo Stabilimento Grafico Militare di Gaeta

AGENZIA INDUSTRIE DIFESA
Stabilimento Grafico Militare - Gaeta
(10372) del 2001 - Pubbl. 3.000 di 76 ff.

N. cat. 6657

ISBN 88-87940-48-7

Codice ISBN 88-87940-48-7

L. 60.000
€ 30,98